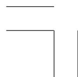
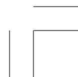



HISTÓRIA DA CIÊNCIA

VOLUME I

DA ANTIGUIDADE AO RENASCIMENTO CIENTÍFICO

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES



Ministro de Estado	Embaixador Celso Amorim
Secretário-Geral	Embaixador Antonio de Aguiar Patriota

FUNDAÇÃO ALEXANDRE DE GUSMÃO



Presidente	Embaixador Jeronimo Moscardo

A *Fundação Alexandre de Gusmão*, instituída em 1971, é uma fundação pública vinculada ao Ministério das Relações Exteriores e tem a finalidade de levar à sociedade civil informações sobre a realidade internacional e sobre aspectos da pauta diplomática brasileira. Sua missão é promover a sensibilização da opinião pública nacional para os temas de relações internacionais e para a política externa brasileira.

Ministério das Relações Exteriores
Esplanada dos Ministérios, Bloco H
Anexo II, Térreo, Sala 1
70170-900 Brasília, DF
Telefones: (61) 3411-6033/6034/6847
Fax: (61) 3411-9125
Site: www.funag.gov.br

CARLOS AUGUSTO DE PROENÇA ROSA

História da Ciência

Volume I

Da Antiguidade ao Renascimento Científico



Brasília, 2010

Direitos de publicação reservados à
Fundação Alexandre de Gusmão
Ministério das Relações Exteriores
Esplanada dos Ministérios, Bloco H
Anexo II, Térreo
70170-900 Brasília – DF
Telefones: (61) 3411-6033/6034
Fax: (61) 3411-9125
Site: www.funag.gov.br
E-mail: funag@itamaraty.gov.br

Capa:
Rafael Sanzio, A Escola de Atenas

Equipe Técnica:
Maria Marta Cezar Lopes
Henrique da Silveira Sardinha Pinto Filho
André Yuji Pinheiro Uema
Cíntia Rejane Sousa Araújo Gonçalves
Erika Silva Nascimento
Fernanda Leal Wanderley
Juliana Corrêa de Freitas

Programação Visual e Diagramação:
Juliana Orem e Maria Loureiro

Revisão:
Fátima Ganin

Impresso no Brasil 2010

Rosa, Carlos Augusto de Proença
História da Ciência : da Antiguidade ao Renascimento Científico / Carlos Augusto de Proença Rosa. - Brasília : Fundação Alexandre de Gusmão, 2010.
1v.
496p.

Volume I: Da Antiguidade ao Renascimento Científico
Volume II: A Ciência Moderna.
Tomo I: O Advento da Ciência Moderna.
Tomo II: O Pensamento Científico e a Ciência no Século XIX.
Volume III: A Ciência e o triunfo do Pensamento Científico no Mundo Contemporâneo.
Inclui bibliografia.

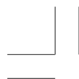
ISBN: 978.85.7631.264-2

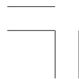
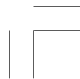
1. Ciência-História. 2. Cultura-História. 3. Civilização-História. I. Título.

CDU 5/7".../20"(09)
CDU 008".../20"(09)

Depósito Legal na Fundação Biblioteca Nacional conforme Lei n° 10.994, de 14/12/2004.

Este livro é dedicado,
em reconhecimento e gratidão,
a meus pais.



Plano Geral da Obra

Volume 1
INTRODUÇÃO GERAL

TEMPOS PRÉ-HISTÓRICOS

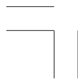
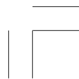
Capítulo I: A Técnica nas Primeiras Grandes Civilizações
Mesopotâmia
Egito
China
Índia
Outras Culturas Antigas (Hititas, Hebraica, Fenícia e Persa)

Capítulo II: A Filosofia Natural na Civilização Greco-Romana
A Civilização Grega e o Advento do Pensamento Científico e da Ciência
A Técnica na Cultura Romana

Capítulo III: A Filosofia Natural nas Culturas Orientais
A China da Dinastia Tang à Ming e a Filosofia Natural
A Índia Gupta e dos Sultanatos e a Filosofia Natural
A Filosofia Natural no Mundo Árabe Islâmico

Sumário



Apresentação

Em 2001 iniciei a aquisição de material para estabelecer uma base bibliográfica adequada e suficiente que me permitisse, eventualmente, elaborar um pequeno trabalho sobre a História da Ciência, desde suas origens. Para tanto, recorri a obras de grandes cientistas e filósofos, a livros de História da Ciência e da história de diversos ramos da Ciência, a biografias de eminentes cientistas e pesquisadores, a publicações de divulgação científica, a enciclopédias e dicionários, a revistas especializadas e a portais na Internet.

À medida que progredia a leitura e a compreensão do processo evolutivo do conhecimento científico, firmou-se em mim a convicção de que o já ambicioso propósito inicial deveria ser modificado para contemplar, além da análise histórica da Ciência, considerações de Filosofia da Ciência e de Sociologia da Ciência. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento da Ciência não deveria ser entendido como uma mera sucessão de descobertas de leis ou a ampliação de conhecimento sobre os fenômenos naturais, mas deveria ser estudado como diretamente vinculado ao e dependente do desenvolvimento do espírito, ou, do pensamento científico e do emprego da metodologia científica. Havia, portanto, necessidade de reconhecer um âmbito mais amplo e complexo para a História da Ciência do que o inicialmente proposto.

A imensa tarefa se transformou, assim, num desafio que significou, na realidade, interpretar a evolução do pensamento científico e dos ramos da Ciência, considerar a Filosofia e a Sociologia da Ciência e comentar, por

indispensável, o ambiente social, político, econômico, cultural, artístico e religioso que servia de pano de fundo para a História da Ciência.

Dada a extensão da História da Ciência, foi conveniente dividir o conjunto do trabalho, mas respeitando a integridade de cada um dos sete Capítulos, em três volumes: A Introdução Geral, os Tempos Pré-Históricos e os primeiros cinco Capítulos estão agrupados no Primeiro Volume; o Capítulo VI, referente à Ciência moderna, compõe o Segundo Volume; e A Ciência e o Triunfo do Pensamento Científico no Mundo Contemporâneo (Capítulo VII) constitui o Terceiro Volume.

Ainda que desnecessário, acrescento que as ideias e interpretações apresentadas expressam exatamente meu ponto de vista sobre a evolução do pensamento científico e da Ciência, pelas quais assumo inteira responsabilidade. Adianto, desde já, igualmente, meu inquestionável débito e minha profunda gratidão àquela plêiade de extraordinários pensadores e cientistas que mantiveram, ao longo dos séculos, uma heroica e desinteressada luta sem quartel contra o preconceito e a ignorância, e contribuíram decisivamente, assim, para o triunfo do pensamento científico e o avanço da Ciência.

Aos meus familiares e amigos que me ajudaram neste empreendimento, com sugestões e revisão de textos, deixo registro aqui de meus sinceros agradecimentos.

Outubro de 2009

Introdução Geral

O tema História da Ciência requer, por sua complexidade, extensão e abrangência, algumas explicações prévias, de forma a esclarecer os propósitos e os limites ao elaborar o estudo cujo próprio título inclui três conceitos que merecem, desde o início, um esclarecimento de seus significados ou de como são interpretados neste trabalho.

O primeiro conceito é o de História, entendida aqui como uma narrativa sequencial e sistemática de eventos e acontecimentos relevantes no domínio da Ciência. Tal exposição não deve ser limitada, contudo, à mera cronologia dos fatos científicos, como a sucessão de descobertas, mas deve abranger o complexo entrelaçamento e interdependência da evolução da atividade humana nos diversos campos. Trata-se, portanto, de examinar a evolução da Ciência tendo presente o contexto geral em que se desenvolve, como o social, o político, o econômico, o religioso e o cultural. Por essa razão, uma breve informação diversificada sobre o período em exame é apresentada neste trabalho, exatamente com o propósito de situar a Ciência nesse quadro mais amplo. Esse enfoque, amplo e global, que inclui, necessariamente, aspectos do desenvolvimento mental e intelectual do Homem, foi o adotado aqui.

O segundo conceito é o da Ciência, sobre o qual não existe consenso. Oriunda do termo latino *scientia*, que significa conhecimento e erudição, a palavra tem sido utilizada por muitos autores para o conjunto do conhecimento humano; nesse sentido, teria havido ciência desde os Tempos Pré-históricos,

como quando o Homem dominou o fogo, inventou a agricultura e a roda, domesticou os animais ou trabalhou os metais. Para outros autores, ciência deve ser entendida como conhecimento refletido, no sentido da palavra grega *episteme*, devendo-se, portanto, distinguir Ciência de Técnica ou Tecnologia. Ciência, neste caso, é o conjunto de conhecimento teórico sobre os fenômenos naturais, baseado em metodologia e em fundamentação experimental, ao passo que tecnologia corresponde à Ciência aplicada em prol do Homem e da Sociedade. O conceito adotado neste trabalho corresponde a essa segunda interpretação, isto é, o de entender a Ciência como o conjunto de teorias positivas, constituídas de princípios e leis naturais, referentes a determinada ordem de fenômenos ou, em outras palavras, como um conjunto coordenado de conhecimentos racionais e abstratos, conducentes à descoberta de princípios e leis universais dos fenômenos naturais.

O terceiro conceito é o do pensamento científico, expresso em diversas passagens como mentalidade científica ou espírito científico. Sua evolução e a da Ciência seguem paralelas ao longo dos tempos históricos e se beneficiam de mútua influência, na medida em que são partes de um mesmo processo evolutivo.

A Ciência é uma criação exclusiva do Homem. Nenhum outro animal alcançou, em seu respectivo processo evolutivo, o suficiente e o adequado desenvolvimento físico e mental capaz de proporcionar os necessários meios à criação científica. São exatamente as características específicas do Homem, ao distingui-lo dos demais animais, que explicam esse raciocínio criativo único. Sua capacidade especulativa, inventiva, imaginativa, de abstração e de memória, ou seja, seus atributos mentais, bem como suas características físicas especiais, adquiridas ao longo do processo evolutivo, são, efetivamente, os responsáveis pelas decisivas diferenças entre o Homem e as outras espécies animais. Produto, portanto, do raciocínio, observação, inteligência e espírito crítico, ou seja, do pensamento científico, a Ciência só surgiria, na realidade, no período mais recente da História, uma vez que os antecessores do *Homo Sapiens* não eram ainda suficientemente evoluídos para habilitá-los a criar a Ciência, pois não dispunham de suficiente capacidade de comunicação oral, e dependiam exclusivamente da memória para suprir o desconhecimento da escrita.

Cabe, desde já, adiantar, como o fez Horta Barbosa, que o pensamento científico não é contrário à sabedoria universal, constituído pela vasta experiência cotidiana, uma vez que é desse saber que se nutre; dessa forma,

é importante reconhecer a importância da fase da evolução do intelecto do Homem, que reflete o próprio processo do avanço dos antecedentes empíricos da Ciência.

A invenção da escrita constitui, assim, marco fundamental no processo evolutivo da capacidade intelectual e criativa do *Homo Sapiens*, ao mesmo tempo em que serve como divisória entre o Tempo pré-histórico e o histórico. No entanto, como atestam os inúmeros objetos, utensílios e materiais encontrados em diversas partes da Terra, os primeiros hominídeos foram capazes de criar e desenvolver técnicas com o fito de melhorar suas condições de vida, pelo que uma das características do Período Pré-Histórico é o do avanço técnico, mas sem a criação científica. Em outras palavras, a Técnica antecedeu aCiência, como o instinto de sobrevivência do Homem Pré-Histórico num meio h ostil adiaria o desenvolvimento da capacidade humana de abstração. Dessa forma, embora o chamado *Homo Sapiens Sapiens* tenha surgido há cerca de 40 mil anos no continente europeu, o Período Histórico remonta a apenas seis mil anos, e a Ciência, a não mais de 2500 anos. Nesse breve prazo de tempo, o Homem foi capaz de criar a Ciência, que se desenvolveria, inicialmente, em bases metafísicas. Na medida em que o espírito científico passou, lenta e gradualmente, a predominar nos estudos e pesquisas, ocorreria um progresso acelerado do conhecimento científico, o qual. somente na Época moderna, se estruturaria em bases lógicas, racionais e positivas.

Diante da falta de consenso quanto ao conceito de Ciência, uma dificuldade adicional, e inicial, no estudo da sua evolução, está na determinação de quando e onde foi ela criada. Para os que sustentam ter ocorrido tal criação no Período Histórico, três principais correntes podem ser detectadas: uma recua o surgimento da Ciência às primeiras civilizações, como a mesopotâmica, a egípcia, a chinesa e a indiana; outra defende a Grécia do século V como berço da Ciência, produto direto da Filosofia, à qual estaria estreitamente vinculada e subordinada, por muitos séculos; e uma terceira considera a Ciência uma recente criação europeia, da Era moderna (século XVI).

A tese da origem grega da Ciência, a partir dos filósofos jônicos, é a adotada neste trabalho, por entender que o surgimento, por primeira vez, de uma mentalidade crítica, de anseio pelo conhecimento racional e lógico dos fenômenos da Natureza e de questionamento de conceitos absolutos está na base da formação do pensamento científico, o qual proporcionaria o advento da Ciência. As mais diversas culturas (chinesa, indiana, sumeriana, egípcia,

mesopotâmica, hitita, persa, hebraica, africanas, asteca, maia e inca), nas várias regiões do Globo (Ásia, Oriente Médio, África, Américas) tiveram, em seus períodos iniciais, uma evolução bastante assemelhada, cuja principal característica, do ponto de vista mental e intelectual, foi a subordinação do mundo físico, real, a um mundo superior, invisível, dominador, habitado por entes e divindades responsáveis pelos fenômenos da Natureza e pelo Destino do Homem. Trata-se da aceitação ou da explicação mítica, mágica, teológica e supersticiosa dos fatos e dos fenômenos naturais e físicos. O pensamento grego, diferentemente do que ocorria nessas outras culturas contemporâneas, se basearia na observação e no raciocínio, a fim de descobrir uma resposta natural aos mistérios do Cosmos sem apelar para os mitos, distanciando-se do sobrenatural. A resultante dessa fundamental diferença de mentalidade seria a criação da chamada Filosofia Natural, denominação que prevaleceria até o século XIX, quando a expressão seria substituída, definitivamente, pela palavra Ciência.

A visão grega do Cosmos (finito, fechado, hierarquizado, eterno) e dos fenômenos naturais seria rejeitada, no curso dos séculos seguintes, por uma concepção de um Mundo criado, passível de ser conhecido quantitativamente, concepção que se assentaria ainda em bases metafísicas, com o predomínio do conceito de causalidade. Progressivamente, a busca das causas e da essência dos fenômenos, de conotação teleológica, seria substituída pelo estudo das propriedades, mais apropriado para a elaboração de leis universais que expressassem matematicamente essas propriedades. Essa crescente positividade no trato dos fenômenos físicos e sociais se firmaria a partir da segunda metade do século XIX, início de uma nova etapa da evolução do espírito científico e do desenvolvimento dos diversos ramos da Ciência. Deve ser assinalado, contudo, o caminho cheio de alternativas percorrido, ao longo dos séculos, pelo espírito científico e pelo avanço no conhecimento dos fenômenos naturais e sociais; épocas de estagnação, e mesmo de retrocesso, seguiram-se a épocas de progressão; períodos de acelerados e moderados avanços se alternaram, e o desenvolvimento dos diversos ramos científicos ocorreu em ritmo distinto, em momentos históricos diferentes e em lugares diversos. Essa complexidade do processo histórico da Ciência explica a controvérsia interpretativa sobre alguns aspectos relevantes do processo, como a própria definição de Ciência, época de sua origem, metodologia adequada, validade da acumulação linear e sequencial do conhecimento ou da ruptura com o passado, através de novos paradigmas, e a relação entre Ciência e Teologia.

O formidável legado cultural helênico, fonte inspiradora e promotora do Renascimento científico em diversos Reinos da Europa ocidental, não seria aproveitado pelas culturas orientais, que sustentavam valores e defendiam princípios opostos ao pensamento inquisitivo e racional grego. A grande maioria dos estudos de História da Ciência não menciona eventuais pesquisas e descobertas das culturas orientais no campo científico, por considerá-las irrelevantes para o progresso da Ciência. Muitos autores defendem, contudo, a tese de que, ao tempo do Período Medieval europeu, as culturas chinesa e indiana estariam num nível superior ao da europeia ocidental. Neste trabalho, com o propósito de estabelecer uma base de comparação, para efeitos da evolução da Ciência, entre culturas tão diferentes, foram incluídos capítulos sobre o desenvolvimento cultural da China e da Índia, desde seus primórdios até a Época do Renascimento científico na Europa. A conclusão da incompatibilidade das condicionantes dessas culturas orientais para o desenvolvimento de um pensamento científico demonstra não ter havido interesse, nem curiosidade para compreender e explicar os fenômenos naturais; o extraordinário progresso técnico ocorreu, assim, sem embasamento teórico, de forma empírica e de natureza artesanal, o que levaria a um esgotamento do processo, ao cabo de alguns poucos séculos.

O surgimento de uma reduzida elite intelectual, no mundo árabe muçulmano, estudiosa da cultura grega e responsável, em parte, por sua preservação, (o que viria a permitir sua divulgação na Europa ocidental, nos séculos XII e XIII), teria uma curta duração, e não assentaria raízes na cultura local, devido à oposição da comunidade religiosa ao estudo e ao ensino da Ciência. Em consequência, a informação sobre a Ciência no mundo árabe se limitaria àqueles poucos séculos em que houve relativo interesse pelo conhecimento científico e ocorreu sua restrita contribuição para o desenvolvimento científico ocidental.

As breves informações sobre as culturas europeias, latina, bizantina e eslava, decorrem da irrelevância, ou oposição mesmo, de suas atividades culturais para o desenvolvimento científico, opinião compartilhada pela esmagadora maioria dos historiadores.

Dessa forma, a gradual evolução do pensamento científico se restringiria, sem aporte externo, ao Ocidente, pelo que se pode considerar a Ciência como uma construção do mundo ocidental, cuja origem remonta à civilização grega. Muitos autores, inclusive, estendem a civilização helênica até o século V de nossa era, incorporando, assim, a Europa ocidental (latina) e a oriental

(grega) ao capítulo relativo à chamada civilização greco-romana. Tal critério se deve a que tanto o Império Romano do Ocidente quanto o do Oriente não tiveram interesse em cultivar o estudo da Natureza e em avançar sobre as conquistas científicas gregas. Esse foi, igualmente, o critério adotado neste trabalho. No caso das culturas latina e bizantina, o monopólio religioso do monoteísmo cristão, que baniria a cultura pagã, por ser incompatível com a nova concepção do Mundo e do Homem, é, normalmente, apontado, ao lado da estrutura social vigente, como responsável direto pela estagnação cultural e pelo abandono do acervo científico do passado. Na evolução posterior ao século XII podem ser observadas as seguintes três etapas: a do Renascimento científico, de duração de cerca de quatro séculos de grande atividade intelectual e de resgate da cultura grega; a do advento da chamada Ciência moderna, em que seus fundamentos conceituais, metodológicos e institucionais seriam assentados em bases metafísicas; e a do triunfo do Espírito Científico, do qual resultaria grande desenvolvimento dos diversos ramos da Ciência, em bases racionais e positivas.

Nesse processo evolutivo da Ciência os pressupostos básicos da afirmação do espírito crítico, racional e investigativo viriam a prevalecer e viriam a se constituir nos fundamentos da Ciência contemporânea. O emprego da Razão humana, a rejeição de elementos mitológicos e sobrenaturais na explicação dos fenômenos naturais, a aceitação da relatividade do conhecimento e o recurso a uma metodologia que inclui observação sistemática, experimentação rigorosa e demonstração cabal dos fatos são elementos característicos atuais da Ciência. Embora seja inegável o caráter laico e positivo da Ciência contemporânea, o que a distingue da Ciência dos tempos Clássico e Moderno, dominada ainda por preconceitos metafísicos, deve-se reconhecer a forte oposição ao atual tratamento estritamente científico de alguns temas, como os da evolução da Vida e do Universo, por colocarem em xeque tradicionais explicações baseadas na Revelação; em consequência, certas teorias nos campos, por exemplo, da Cosmologia, da Evolução e da Genética são ainda rejeitadas por meras considerações de ordem religiosa.

Seis breves observações ou comentários introdutórios são ainda pertinentes. O primeiro comentário é ressaltar o acelerado avanço do conhecimento científico devido i) ao desenvolvimento dos meios de comunicação, informação e divulgação cultural; ii) à proliferação de publicações técnicas; iii) à constituição de grande numero de associações especializadas e à realização de conclaves internacionais; iv) à crescente fé

de uma Sociedade de consumo nos benefícios advindos da Ciência pura e aplicada; e v) à independência da Ciência *vis-à-vis* a Teologia e ao triunfo do espírito positivo sobre considerações de ordem metafísica. O segundo comentário é relativo à Ciência passar a ser cultivada em todos os rincões do planeta. A partir do início do século XX, adquiriria a Ciência, assim, verdadeiro âmbito global. A terceira observação se refere à crescente vinculação entre pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico, sendo imprescindível e inevitável, no mundo contemporâneo, a íntima cooperação entre essas duas atividades. A inovação e o aperfeiçoamento de instrumentos e máquinas, devido aos avanços no conhecimento científico, revertem em benefício da própria investigação, na medida em que tais aparelhos serão utilizados para permitir o desenvolvimento do conhecimento científico. O quarto comentário é relativo à característica de ser a Ciência atual um empreendimento de alto custo, que requer muito investimento financeiro e o emprego de pessoal especializado. É do passado a figura do pesquisador, com poucos ajudantes e reduzidos recursos, limitado ao seu laboratório. Hoje em dia, a pesquisa se desenvolve em grandes centros, com enormes fundos públicos e privados, com a participação de equipes de cientistas e técnicos, inclusive com a colaboração de laboratórios em diversos países (exemplo: pesquisa do Genoma). A quinta observação amplia a anterior, no sentido de que, sendo a Ciência uma obra de natureza social, não pode ser examinada fora de seu contexto, isto é, não é obra de alguns homens de gênio, mas resulta das condições prevalecentes na Sociedade em dado momento; a grandeza do homem de gênio reside exatamente em saber dispor de conhecimentos e dados disponíveis, de forma a modificar o padrão existente de conhecimento. Aí reside a grandeza de um Aristóteles, Hiparco, Apolônio, Arquimedes, Vesálio, Copérnico, Harvey, Galileu, Kepler, Huygens, Newton, Redi, Leibniz, Spallanzani, Faraday, Lavoisier, Lagrange, Gauss, Schwann, Pasteur, Claude Bernard, Helmholtz, Maxwell, Liebig, Berthelot, Mendel, Darwin, Weismann, Curie, Planck, Einstein, Bohr, Heisenberg, Hubble, Lemaitre, Gamow, Crick, Pauling e tantos outros. O sexto comentário trata da essencial questão da metodologia em Ciência, tema recorrente ao longo do trabalho. É relevante assinalar, desde já, a importância do método científico, aplicável a todas as Ciências, embora seja fundamental atentar para as importantes diferenças entre, por exemplo, Ciências experimentais, como a Química e a Física, e as históricas, como a Sociologia ou a Evolução. A rigorosa aplicação do método científico às

pesquisas e aos estudos pertinentes é a garantia de assegurar o desenvolvimento da Ciência em bases firmes e sólidas, único modo de permitir a compreensão dos fenômenos atinentes à Vida, à Sociedade e ao Mundo natural.

Desde Aristóteles, várias classificações da Ciência foram sugeridas, com o intuito de delinear tão vasto, controverso e complexo campo. Ainda que consciente do relativo e temporal valor de qualquer classificação, dada a própria dinâmica da Ciência, é forçoso reconhecer sua importância, com vistas a limitar e esclarecer seu âmbito, e, por conseguinte, viabilizar o próprio estudo. A tradicional classificação de Augusto Comte, das Ciências fundamentais, foi a adotada, ou seja, será estudada a evolução da Matemática, da Astronomia, da Física, da Química, da Biologia e da Sociologia, ordem estabelecida pelo critério da generalidade decrescente e da complexidade crescente. Para facilitar a exposição e evitar possíveis mal-entendidos, as denominações oficiais dessas Ciências foram mantidas, mesmo para épocas anteriores à sua criação e estruturação, como são os casos, por exemplo, de Astronomia quanto à observação da abóbada celeste para fins religiosos no Egito e na Índia, de Matemática para a técnica de contagem e de medição na Mesopotâmia e na China, e de Física no que se refere a pesquisas em Mecânica. A expressão História Natural, muito usual até o século XIX, foi empregada para englobar as pesquisas na flora, fauna, Geologia e Paleontologia, bem como são fornecidas algumas informações sobre os avanços na Medicina, por seu significado no desenvolvimento do conhecimento biológico.

Como os principais objetivos do estudo são a evolução do espírito científico e o desenvolvimento das seis Ciências fundamentais, o problema da estruturação do trabalho é fundamental, porquanto deve corresponder a concepções aí expostas e que orientam a interpretação dos acontecimentos. A divisão do trabalho em capítulos referentes a períodos da História Universal (Antiguidade, Idade Média, Época moderna e Época contemporânea) é inaplicável para a História da Ciência, já que sua evolução tem uma dinâmica própria, não necessariamente igual à da História Universal. Como o enfoque histórico é, contudo, conveniente, por permitir acompanhar a evolução de cada Ciência e a correspondente influência recíproca e o vínculo mútuo, o critério adotado foi o do processo evolutivo das Ciências, ou seja, respeitando as etapas dessa evolução, independente da tradicional divisão dos períodos da História Universal. Para contornar possíveis interpretações inconvenientes, a menção a Períodos históricos foi deliberadamente evitada.

Em consequência, o trabalho foi dividido em sete Capítulos, antecedidos por uma Introdução Geral e um tópico sobre Tempos Pré-Históricos; a inclusão de curta matéria sobre a Pré-História serve ao propósito de apresentar uma breve informação sobre o tema, de óbvio interesse para a compreensão dos antecedentes do Período Histórico de criação e desenvolvimento da Ciência. O Capítulo I se refere às primeiras civilizações, as quais deram um grande impulso ao desenvolvimento técnico, de conhecimento meramente empírico. O Capítulo II é dedicado exclusivamente à cultura Greco-Romana, berço da civilização ocidental, por considerar a Grécia pátria da Filosofia, da Ciência e da Arte, e Roma como centro divulgador da cultura helênica, embora sua prioridade tenha sido a do desenvolvimento técnico. O Capítulo III examina três grandes culturas orientais (chinesa, indiana e árabe islâmica) até o século XVI, sendo que esta última teria um papel histórico relevante na redescoberta do conhecimento científico grego em regiões da Europa. O Capítulo IV apresenta a situação do conhecimento científico europeu nas culturas bizantina e eslava e no Período Medieval latino e grego (séculos IV/XII), e suas relativas relevâncias para o futuro desenvolvimento científico. O Capítulo V se refere ao Renascimento científico, período da recuperação da abandonada e esquecida Filosofia Natural, bem como da emergência de um espírito crítico e inquisitivo. O Capítulo VI cobre o Período da Ciência moderna e termina no final do século XIX, dependendo da Ciência em estudo. O período se caracterizaria por um extraordinário progresso nas pesquisas, na estruturação de algumas ciências, na criação da Biologia e da Sociologia e no significativo avanço do espírito científico no meio intelectual e acadêmico; a atividade científica continuaria praticamente restrita à Europa. Finalmente, o Capítulo VII trata do triunfo do espírito científico no mundo contemporâneo, época de formidável avanço nas pesquisas e nos estudos teóricos das diversas Ciências fundamentais e na definitiva separação e independência da Ciência e da Teologia. A importância da Ciência, cujo objetivo passaria a ser social, isto é, o de servir à Sociedade, teria reconhecimento generalizado, e sua prática se estenderia a todos os continentes, tornando-a de âmbito mundial.

Nos sete Capítulos deste trabalho foi observado o critério de examinar o desenvolvimento científico através dos diversos e principais ramos existentes da Ciência (Filosofia Natural) à época, tendo sido considerada indispensável a inclusão de comentários sobre o contexto histórico, tanto do ponto de vista político e social, quanto econômico, cultural e religioso.

Finalmente, antes da apresentação da estrutura esquemática desta História da Ciência, é importante assinalar a convicção de que, na medida em que avança o conhecimento, alicerçado na racionalidade e na positividade, mais distante o recurso a desígnios misteriosos e a vontades sobrenaturais para explicar a realidade. Esse processo evolutivo, porém, não se esgota. O progresso da Humanidade depende, em parte, do contínuo avanço do pensamento científico e das realizações da Ciência, o que significa um reconhecimento da relatividade do conhecimento, que deve ser constantemente revisado à luz de novas evidências e análises. A rejeição da noção do absoluto e o triunfo do princípio da relatividade reforçam a convicção na superioridade do pensamento científico, o qual, ao prevalecer, contribui, de forma decisiva, para o progresso da Humanidade.

Tempos Pré-Históricos

A Pré-História, ou seja, o longo período anterior à invenção da escrita, só começou a ser conhecida e estudada a partir da segunda metade do século XIX. O entendimento até então era basicamente o revelado pelas Escrituras a respeito da Criação do Universo, da Terra e do Homem. O tema não era objeto de pesquisas dos intelectuais, que, na realidade, nem mesmo cogitavam dedicar algumas horas de estudo ao assunto. A explicação teológica era suficiente e bastante. A criação da Terra e do Homem e a fixidez das espécies (o que significava rechaçar as noções de extinção e evolução das espécies) eram tidas como verdadeiros dogmas, isentas, portanto, de análise objetiva.

Fósseis eram conhecidos desde a Grécia Antiga, porém as discordâncias interpretativas sobre a origem de tais conchas, detritos e vestígios impediam uma compreensão do que poderia ter ocorrido em épocas para as quais não se dispunha de provas irrefutáveis. Os descobrimentos de esqueletos, partes do corpo, instrumentos e material diverso de épocas pretéritas seriam indícios adicionais de uma antiguidade bem maior da Terra e do Homem do que aquela normalmente aceita até a primeira metade do século XIX. As descobertas de grandes animais (mamutes) extintos, de ossos de animais antediluvianos (dinossauros, pterodáctilos) e de esqueletos de elefantes e rinocerontes na Europa eram evidências de um passado mais longo para a Terra e para o Homem do que aquele atribuído pelo Gênese. Embora tenha progredido bastante o estudo desse passado, graças aos avanços permitidos

pelas pesquisas da Paleontologia, da Geologia, da Biologia, da Química, da Arqueologia, da Antropologia e de tantos outros ramos da Ciência, ainda há muitas incógnitas, muitas incertezas, muitas dúvidas, muitas lacunas que impedem um seguro e exato conhecimento da Pré-história.

Evidentemente, à medida que são descobertos fósseis, esqueletos, ossos, instrumentos, equipamentos e monumentos, aumenta a compreensão desses tempos bastante antigos, como, por exemplo, as descobertas, nesses últimos dez anos, na África, de vestígios e evidências de hominídeos. Para tanto, contudo, foi necessário o desenvolvimento de técnicas de aferição de antiguidade. Os cinco principais métodos de datação utilizados atualmente são: a) dendrocronologia – observação dos anéis de crescimento das árvores; b) análise dos sedimentos de materiais de origem glacial; c) carbono 14 – análise baseada na desintegração radioativa desse isótopo de carbono que os raios cósmicos produzem na atmosfera. Este método de datação tem o inconveniente de só poder ser usado em materiais com uma antiguidade inferior a 40 mil anos; d) potássio-argônio – serve para determinar períodos extremamente longos (1,2 bilhão de anos) e se baseia, igualmente, na radioatividade; e) termoluminescência – permite datar os utensílios de argila, baseando-se o método no baixo nível de radioatividade no interior da cerâmica. No conjunto, todos esses métodos têm fornecido a estrutura para o desenvolvimento da Arqueologia, capaz, hoje, de retroceder a datação até os primeiros utensílios de pedra, de 2,5 milhões de anos de antiguidade.

Adicionalmente, é significativa a contribuição da Geologia (Estratigrafia) na datação, através do estudo da sequência cronológica, que se baseia na acumulação de depósitos, bem como da Arqueologia no da substituição dos objetos de pedra pelos de cobre, bronze e ferro (Idades da Pedra e dos Metais); tais técnicas e sistemas são instrumentais de grande importância na determinação do calendário de eventos para pautar a Pré-História do Homem. Assim, já é possível saber, em linhas gerais, a evolução gradual morfológica, do gênero *Australopitecus* ao gênero *Homo,* até chegar à espécie *Homo Sapiens*. O quebra-cabeça dos Tempos Pré-Históricos continua, no entanto, a desafiar os pesquisadores, não sendo plausível aguardar para um futuro próximo um conhecimento muito mais aprofundado, que o atual, da Pré-História.

Para a História da Ciência, esse Período não tem maior significado, uma vez que a própria Ciência é uma invenção do Período seguinte, isto é, do Período Histórico. Os estudos de História da Ciência variam de autor para

autor, porém pode-se considerar que começam ou com as civilizações da Mesopotâmia e do Egito, ou com a civilização grega, ou, ainda, com o Período correspondente ao início da Época moderna (século XV) na Europa. A parte relativa à Pré-História normalmente consta de uma pequena introdução, pois "a História da Ciência, tal como compreendida habitualmente, não pode remontar além de 2 ou 3 milênios antes de nossa era, a uma época quando não havia livros ainda, mas onde monumentos, obras-de-arte e inscrições arcaicas permitem decifrar o pensamento humano. Além, é a noite dos tempos..."[1].

A importância relativa do Período Pré-Histórico é devida ao surgimento e ao desenvolvimento da Técnica, a qual, ainda que totalmente empírica e de evolução extremamente lenta, antecedeu a criação da Ciência, pelo simples fato de não terem os ancestrais do Homem atual tido a capacidade de abstração requerida para o desenvolvimento de um espírito científico, indispensável para a Ciência. A Pré-História é, antes de tudo, uma história de técnicas. A sucessão, no tempo, de objetos cada vez mais diversificados e elaborados (machado de mão, seta, dardo, lança, perfuradores, agulha de costura) e a diversificação paulatina no uso de material empregado (pedra, osso, madeira, couro) se constituem em elementos da maior relevância para a compreensão daqueles ancestrais que desenvolveram uma incipiente capacidade artesanal, cujas técnicas não variaram durante milhares de anos. Rudimentares agasalhos e vestimentas, cestos e balaios para guardar alimentos, recipientes para transportar e armazenar líquidos, laços e arco e flecha para caçar, arpão para a pesca, remos e velas para canoas, e moradias são alguns dos importantes desenvolvimentos técnicos desse Período. Essa capacidade se manifestou simultaneamente em diversas regiões, como atesta o grande número de evidências encontradas em vários sítios arqueológicos, não sendo possível, assim, determinar quando e como se desenvolveu essa habilidade.

O desenvolvimento dos meios técnicos é o resultado de uma experiência coletiva sempre cumulativa, voltada para as necessidades materiais. Cada geração herdou a experiência das anteriores. Como escreveu Maurice Daumas, "no domínio da técnica, o progresso é uma soma". A dificuldade, para não dizer a incapacidade, de inovação, explica, em parte, a lentidão, no tempo, de seu desenvolvimento, dependente das necessidades materiais e da acumulação

---

[1] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

de experiência. Sendo o conhecimento necessariamente transmitido pelo gesto ou pela fala (não havia sido criada ainda a escrita, e a própria fala era precária), cada geração dependia do contato pessoal para a aquisição da experiência e conhecimento, o que era dificultado pela baixa densidade demográfica e pelo distanciamento geográfico dos diversos grupos populacionais.

Apesar de todas as compreensíveis limitações e dificuldades, é preciso, portanto, para o entendimento global da evolução do pensamento e do conhecimento humano, em particular da História da Ciência, examinar a sequência evolutiva da espécie humana desde os primeiros ancestrais do Homem; em outras palavras, situar essa evolução no contexto temporal da Humanidade.

Os Tempos Pré-Históricos serão examinados em duas partes: a primeira, relativa à evolução da espécie humana desde o gênero *Homo*, e a segunda, referente ao desenvolvimento social, cultural, espiritual e técnico dos chamados Períodos arqueológicos do Neolítico (Idade da Pedra polida) e do Eneolítico (Idade dos Metais).

I. Evolução da Espécie Humana

A compreensão real da evolução da Vida e do Homem só ocorreu muito recentemente, a partir da segunda metade do século XIX, com a publicação, em 1859, de *A Origem das Espécies*, de Charles Darwin. A Teoria da Evolução, para ter valor científico, dependia, contudo, de uma condição fundamental: um longo e complexo processo sequencial em um espaço de tempo de milhões de anos, suficiente para explicar e justificar as transformações que teriam ocorrido na Terra e nos seres vivos. A crença de uma antiguidade de alguns poucos milênios inviabilizaria o gradualismo evolutivo, pelo insuficiente prazo de tempo transcorrido para a ocorrência do processo sugerido. Como escreveu o próprio Darwin, em *A Origem das Espécies*: "... a crença de que as espécies eram produtos imutáveis era quase inevitável enquanto se considerou ser de curta duração a História do Mundo...". A questão, portanto, implicava em recuar o momento da formação da Terra e do Homem a uma época, negada por alguns, desconhecida por todos, para a qual não se dispunha de provas, ou, mesmo, de evidências e dados comprobatórios. Conhecidos desde a Antiguidade Clássica, os fósseis vegetais e animais não eram, contudo, considerados ou estudados como evidências de um processo evolutivo, mas como flora e fauna extintas pelo Dilúvio.

Evidentemente, diversos cientistas, em épocas anteriores, já haviam defendido ideias, teses e conceitos compatíveis com a evolução dos seres vivos e uma antiguidade da Terra bastante superior à aceita na época (cerca de 5.800 anos). Alguns exemplos podem ser citados: i) o naturalista francês Isaac de la Peyrère (1594-1676) sustentou, em livro, que certas pedras encontradas no interior da França teriam sido moldadas por homens primitivos, anteriores a Adão (seu livro seria queimado em público em 1655); ii) o naturalista francês Georges Louis Leclerc de Buffon (1707-1788) sugeriu, em sua monumental obra, em 44 volumes, sobre História Natural, que os animais atuais seriam resultado de uma mudança evolutiva. Ademais, lançou o conceito de história geológica em etapas e a sugestão de uma escala cronológica de 35 mil anos. Forçado a se retratar, Buffon declarou: "Abandono tudo o que em meu livro diz respeito à formação da Terra e tudo o que possa ser contrário à narração de Moisés"; iii) o escocês James Hutton (1726-1797), com a publicação da *Teoria da Terra* fundou a Geologia, desenvolveu o princípio do uniformitarismo e admitiu a hipótese de a Terra ter centenas de milhares de anos de existência; iv) o pastor alemão Johann Friedrich Esper (1732-1781) descobriu ossos humanos primitivos na Alemanha; v) o arqueólogo britânico John Frere (1740-1807) encontrou utensílios de sílex da Idade da Pedra em meio a ossos de animais extintos; vi) o biólogo francês Jean Baptiste Lamarck (1744-1839) publicou, em 1809, a *FilosofiaZoológica*, na qual defendeu os princípios de que os órgãos se aperfeiçoam com o uso e se enfraquecem com a falta de uso, e que as mudanças são preservadas nos animais e transmitidas à prole; vii) o geólogo britânico Charles Lyell (1797-1875), em *Princípios da Geologia* estudou as formações rochosas e fósseis, defendendo as ideias de Hutton, e sustentou o conceito de um processo geológico lento e uniforme, pelo que a Terra poderia ter milhões de anos[2].

No século XIX, cabe mencionar, ainda, as descobertas do paleontólogo belga Philippe-Charles Schermeling (1791-1836) de utensílios de pedra e de dois crânios junto de ossos de rinocerontes e mamutes, em 1830, na Bélgica; do arqueólogo francês Jacques Boucher de Perthes (1788-1836), de machados de sílex e outros objetos de pedra perto de Abbeville, no Norte da França, (que defendeu a tese de que tais machados teriam sido feitos por homens primitivos, antes do Dilúvio); e do geólogo francês Edouard Armand

[2] BRODY, David; BRODY, Arnold. *As Sete Maiores Descobertas Científicas da História.*

Lartet (1801-1871), que descobriu o sítio arqueológico de Sansão, célebre pela quantidade e variedade de restos e materiais do Período Terciário. Tais descobertas não serviram, contudo, de provas suficientes da antiguidade dos achados, por falta, naquela época, de técnicas apropriadas de datação.

A descoberta, em 1924, pelo anatomista Raymond A. Dart (1893-1988) de um crânio de um bebê, em Taung, no deserto de Kalahari, na África do Sul, com cerca de 2 milhões de anos, seria a primeira prova concreta para a teoria de Darwin, inclusive de que fósseis de ancestrais do Homem seriam encontrados na África.

De acordo com o atual conhecimento geológico e paleontológico, a cadeia evolutiva do Homem se situa na Era geológica Cenozoica (de 65 milhões de anos atrás até os dias atuais), a partir da Época Paleocena (de 65 milhões de anos a 54 milhões de anos atrás). No Plioceno (de 7 milhões a 2,5 milhões de anos atrás) apareceu o Australopiteco, já com nítidas características hominídeas (assemelhado ao Homem), ancestral do gênero *Homo* (espécies *Habilis*, *Rudolfensis*, *Ergaster*, *Erectus* e *Sapiens*), surgido no Pleistoceno (de 2,5 milhões de anos a 200 mil anos atrás), no Período Quaternário. Alguns autores classificam o Homem atual como tipo ou subespécie *Homo Sapiens Sapiens*, da Época Pleistocena (superior), com o intuito de dar maior refinamento ou precisão na classificação geológica e zoológica.

a. O Processo Evolutivo do Gênero Homo

Apesar do inegável progresso nas pesquisas, nos últimos anos, sobre a evolução dos hominídeos, por seleção natural, persistem, ainda, muitas incógnitas e diversas dúvidas não esclarecidas pelos especialistas, o que tem gerado, em alguns casos, controvérsias no meio científico. Importantes descobertas recentes, a partir dos anos 80, contribuíram a um reexame de certas interpretações do processo evolutivo; assim, são aceitas, hoje em dia, algumas teses, como a da coexistência, antes do *Homo Sapiens*, de algumas espécies de *Homo*, a de ser, atualmente, o *Homo Sapiens* o único hominídeo na Terra, e a da evolução multirregional dos humanos, pela qual a atual espécie de *Homo sapiens* resultaria da evolução ocorrida em diversas partes da Terra.

Na Época geológica Pleistocena (2,5 milhões a 200 mil anos atrás) do atual Período Quaternário surgiu o gênero *Homo*, cujos primeiros representantes já mostravam mais nítidas e desenvolvidas características

do Homem atual. Os fósseis mais antigos são do *Homo Habilis*, e datam de 2 milhões de anos. Em Olduvai, Tanzânia, e em Koobi Fora, no Quênia, foram encontrados fósseis que indicam evolução, particularmente no crânio, pernas e quadris. As adaptações observadas na pelve do *Homo Habilis* foram essenciais para permitir o nascimento de criança com um cérebro maior, o qual atingiu o dobro do tamanho do cérebro do Australopiteco. O *Homo Habilis* produziu objetos de pedra e construiu abrigos, o que indica modificações anatômicas nas mãos e nos centros cerebrais que as controlam.

Várias espécies de *Homo* devem ter convivido nesse Período com o *Homo Habilis*. Na mesma região da África, surgiu o *Homo Rudolfensis*, de cérebro aparentemente menor que o do *Habilis*, mas cujas dimensões do corpo são desconhecidas. O *Homo Ergaster*, de crânio alto e redondo e esqueleto semelhante aos dos atuais humanos, foi o primeiro hominídeo de forma corpórea essencialmente moderna. O melhor espécime dessa espécie é o chamado "garoto de Turkana" (Quênia), com uma antiguidade de 1,6 milhão de anos.

Deve-se confiar em descobertas, no futuro próximo, que possam trazer mais informações sobre esse Período Pré-Histórico.

No período aproximado de 1,7 milhão até 400 mil anos atrás, o *Homo Erectus* apresentou importante e notável desenvolvimento físico e mental. Esqueleto bastante completo de um menino, encontrado perto do Lago Turkana, no Quênia, em 1984, pelo arqueólogo Richard Leakey, permitiu conhecer aspectos importantes de sua anatomia: estatura mais elevada, testa mais achatada e inclinada para trás, queixo pequeno, modificação craniana. Exame do crânio sugeriu desenvolvimento no cérebro de áreas relacionadas com a linguagem, pelo que os cientistas consideram que aqueles hominídeos foram capazes de se comunicar através de frases simples. O desenvolvimento mental, se comparado com o de seus ancestrais, é extraordinário, como atesta a descoberta da utilização do fogo, conforme evidências de cinzas, carvão e fornos em vários locais arqueológicos. O fogo seria usado para aquecimento, proteção de predadores e cozimento de alimentos, inclusive da carne, já regularmente consumida. Vestígios de onze tendas foram encontrados. O *Homo Erectus* criou, ainda, o machado de mão, feito de pedra, e objetos cortantes, essenciais em suas caçadas. A introdução de um material (pedra) na fabricação de objetos foi um marco importante na evolução dos hominídeos, pelo que tal período passou a ser chamado de Idade da Pedra lascada,

correspondendo ao que arqueólogos e historiadores classificam como Paleolítico Inferior.

Esses hominídeos, sob influência do meio ambiente, foram os primeiros a migrar, se espalhando além das zonas equatorial e subtropical da África, atingindo regiões da Ásia, Europa e América, a partir da retração do gelo nessas áreas para o Polo. Impróprias até então para a sobrevivência do Homem, essas novas terras, livres, agora, do gelo, já poderiam ser ocupadas, principalmente por causa do domínio do fogo, que permitiu a essas populações proteger-se do frio e cozinhar seus alimentos. Graças ao apoio das ferramentas, agasalhos e fogo, essas primeiras populações de *Homo Erectus* atingiram distantes terras férteis e ricas em flora e fauna, até então desconhecidas. Com antiguidade inferior a 700 mil anos, restos de esqueletos foram encontrados na Ásia (Homem de Pequim, Homem de Java) e na Europa, em diversos locais.

b. Homo sapiens

Grandes mudanças climáticas e ambientais ocorreram na Época Pleistocena, há 500 mil anos. As chamadas grandes eras glaciais: Gunz, Mindel, Riss e Wurm, separadas por três intervalos interglaciais, foram determinantes no processo evolutivo do Homem. Como consequência das cambiantes condições climáticas, por longos períodos de tempo, várias espécies de flora e fauna foram extintas (inclusive várias espécies do gênero *Homo*), ao mesmo tempo em que surgiram novos animais e plantas mais adaptados às novas circunstâncias. Esse é o Período da Pré-História, denominado pela Arqueologia de Paleolítico Superior, em que aparece o *Homo Sapiens*, dotado de áreas corticais associadas com a motivação, memória, previsão e imaginação bastante mais desenvolvidas no cérebro do que no de seus ancestrais. Deve ser assinalada, também, por sua importância, a modificação estrutural na laringe, na faringe e na língua, que determinou uma vantagem na conformação humana no trato vocal; por ser mais longa que em outras espécies (inclusive a Neandertal), a faringe permitiu a variação de sons exigida na fala articulada. O desenvolvimento da linguagem falada, uma das significativas distinções do Homem moderno em relação a qualquer outro animal, teria um impacto decisivo na evolução do pensamento e do conhecimento humano.

Duas teorias procuram explicar as origens do *Homo Sapiens*: uma, da continuidade regional, sustenta que toda a população humana moderna se

originaria do *Homo Erectus*, mas cada população regional teria evoluído ao longo de linhas próprias e distintas; e outra, da origem única, defende que o *Homo Sapiens* descende de uma única população ancestral, que surgiu em algum local da África. O tema continua aberto à discussão.

Muitos autores subdividem a espécie *Homo Sapiens* em duas: a primitiva, que teria existido de 200 mil a 40 mil anos atrás, e a atual, ou do *Homo Sapiens Sapiens*, evolução alcançada por volta de 40 mil anos atrás. O cérebro atingiria o volume de 1350 cm^3, comparado com os 450 cm^3 do australopiteco.

Grupos de primitivos *Homo Sapiens*, originários da África, provavelmente fugindo de condições climáticas e ambientais adversas (frio e seco), teriam emigrado para regiões menos inóspitas, alcançando o Oriente Médio por volta de 90 mil anos atrás; a Austrália há 50 mil anos; a Europa há 40 mil anos, e as Américas há 15 mil anos. No continente europeu se encontrariam com uma espécie de hominídeos conhecida como Homem de Neandertal[3], porque o crânio e alguns (11) ossos fragmentados foram encontrados no vale do Neander, na Alemanha, por Johann Karl Fuhlrott, em 1856. Pouca atenção foi dada a essa descoberta, que muitos cientistas, inclusive, negavam tratar-se de ossos humanos. Dois esqueletos, alguns utensílios e vestígios de animais extintos, descobertos, em 1868, perto de Spy, na Bélgica, e fósseis mais bem completos, encontrados na França, a partir de 1908, comprovaram, definitivamente, a existência do Homem de Neandertal, que, no entanto, não é um antepassado direto do Homem atual. Subsequentes descobertas de restos mortais (cerca de 300 indivíduos), utensílios, instrumentos, inscrições rupestres, na Europa, Ásia e África permitem um conhecimento razoável de seu modo de vida, de sua cultura. De acordo com os registros disponíveis, o Homem de Neandertal teria surgido por volta de 230 mil anos atrás e desaparecido há 30 mil anos, espalhando-se pela Europa, África e Ásia, inclusive China. Quanto à anatomia, tinha membros e tronco assemelhados aos humanos atuais, mas seriam mais musculosos: seu cérebro (1,4 quilo) já teria o tamanho do cérebro humano. Fabricavam instrumentos de pedra, sem, contudo, ter introduzido inovações; praticavam a caça, e, na fase mais recente, celebravam ritos funerários.

Uma variedade da população do *Homo Sapiens* primitivo surgiu, por volta de 40 mil anos atrás, em diversas regiões do Globo, e viria a ser conhecida

[3] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

como *Homo Sapiens Sapiens*. Fósseis e vestígios encontrados (1868) em Cro-Magnon (Norte da Europa e da África, Oriente Médio), Grimaldi (região do Mediterrâneo) e Chancelade (Europa) atestam possuírem as características do Homem moderno. Criaram e desenvolveram utensílios e ferramentas, praticavam a caça, a pesca e a coleta, tinham uma embrionária organização familiar, ampliaram as inovações culturais, enterravam seus mortos (com utensílios e objetos) e revelaram mais capacidade criativa que seus ancestrais. Espalhados por diversas partes da Terra, desenvolveram os *Sapiens Sapiens* culturas distintas, sendo as mais significativas a chatelperronense, na França; a aurignaciana, na Crimeia, Bálcãs, Europa central, França, Inglaterra e Espanha; as culturas magdalenense e solutrense, na Europa ocidental; a aterense e a capsense, na África.

A presença do *Homo Sapiens Sapiens*, ou seja, do Homem atual, na Terra, é, portanto, de data bastante recente, se se considerar o tempo transcorrido de toda a sequência evolutiva. O momento correspondeu ao início da Época holocena, no final do Paleolítico Superior e início do Mesolítico, e correspondeu, também, ao final da última glaciação (de 100/80 mil anos a 10 mil anos atrás), o que permitiu o deslocamento do *Homo Sapiens Sapiens* para todas as partes da Terra.

O *Homo Sapiens* herdaria o conhecimento técnico relacionado com as atividades de caça, pesca e coleta, de construção de abrigos, de fabricação de agasalhos, da criação e do uso de utensílios e instrumentos de pedra de diversas finalidades, e do domínio do fogo para fins domésticos. Nesse período de cerca de 200 mil anos, o Homem criou instituições reguladoras da vida familiar e grupal, acumulou conhecimento e desenvolveu crenças, "através das quais procurava alcançar segurança emocional em face dos riscos a que estava sujeito e dos quais se tornara consciente, como a dor e a morte"[4]. Conforme explicou o pensador Condorcet, "a arte de fabricar armas, de preparar alimentos, de conseguir os utensílios necessários a esta preparação, a arte de conservar esses alimentos durante algum tempo, de armazená-los para as estações em que seria impossível conseguir novos; estas artes, consagradas às mais simples necessidades, foram o primeiro fruto dessa reunião prolongada e o primeiro caractere que distinguiu a Sociedade humana daquela que forma as várias espécies de animais"[5].

---

[4] RIBEIRO, Darcy. *O Processo Civilizatório.*

[5] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*

Ainda que não se possa determinar a origem da linguagem oral, evoluiu ela dos primeiros sons e gritos emitidos por seus ancestrais para expressar dor, medo e sentimentos. A invenção da linguagem, como assinalou Condorcet, não foi obra de um indivíduo de gênio, mas tarefa de uma Sociedade inteira, uma elaboração coletiva que precedeu, necessariamente, os avanços na área social, e que reflete um estágio mais adiantado de pensamento que o alcançado por outras espécies. O gradual desenvolvimento da linguagem articulada seria um fator decisivo para a evolução social, cultural e técnica do *Homo Sapiens*. Graças ao desenvolvimento cerebral atingido, seria possível, ainda no final do Paleolítico Superior, a expansão da atividade criativa pelo Homem, como no campo da Arte (inscrições e desenhos rupestres, adornos) e da Técnica.

O Período arqueológico seguinte, mais recente, da Pré-História, se iniciou há uns 12 mil anos, com o chamado Neolítico, palco das revoluções agrícola e urbana, o que vale dizer, do surgimento do sedentarismo, seguido pelo Eneolítico, ou Idade dos Metais (cobre, bronze, ferro), aproximadamente de 8 mil a 5 mil anos atrás, data considerada de encerramento da Pré-história, porquanto correspondeu à invenção da escrita. O *Homo Sapiens Sapiens*, ou Homem atual, estabeleceria, nessa fase final da Pré-História, graças a seus atributos anatômicos e mentais e à herança recebida de seus ancestrais, as condições para o surgimento de culturas e civilizações em diversas partes do Globo.

II. Sociedades Primitivas

O surgimento do *Homo Sapiens Sapiens* (há cerca de 40 mil), de características físicas e mentais atuais, significou e determinou uma radical, profunda e rápida modificação no desenvolvimento do processo evolutivo, até então lento, porquanto fruto de mera acumulação e somatório de experiência. O Homem atual, que recebeu de seus ancestrais técnicas simples e incipientes, desenvolvidas ao longo de centenas de milhares de anos, no Paleolítico Superior, teria, agora, as condições necessárias para inovar em diversas atividades, ampliando o âmbito de sua atuação e realizando, em poucos milhares de anos, verdadeira revolução em seu modo de vida. Tão extraordinário avanço técnico só foi possível em decorrência de uma nova capacidade mental que permitiu o desenvolvimento da imaginação, curiosidade e observação. A resultante é uma Sociedade mais complexa e sofisticada, totalmente distinta da anterior.

Esse relativamente curto Período Pré-Histórico, denominado pelos historiadores de acordo com os materiais descobertos ou utilizados pela primeira vez, é dividido, em geral, em Neolítico ou Idade da Pedra polida e em Eneolítico ou Idade dos Metais, ou, ainda, Proto-História.

a. Período Neolítico

O termo Neolítico – Período da Pedra polida – foi criado em 1865 pelo naturalista inglês Sir John Lubbock (1834-1913), em sua obra *Prehistoric Times,* em oposição ao Paleolítico, Período da Pedra lascada. Ainda que essa classificação continue em uso, a noção de Neolítico mudou bastante. Hoje em dia, se considera que outros aspectos da cultura dessa fase Pré-Histórica seriam mais representativos dos desenvolvimentos ocorridos em muitas populações, como a invenção da agricultura, o início dos agrupamentos urbanos e a vida sedentária, enquanto outros povos se dedicariam ao pastoreio, à caça e à coleta, permanecendo nômades. Tais denominações são, assim, insuficientes para traduzir a real complexidade de uma nova Sociedade, cujas características transcendem a mera utilização da pedra. Dessa forma, alguns autores denominam o Período como o da Grande Revolução agrícola; outros enfatizam o aspecto da formação de uma nova organização social; outros, ainda, priorizam o estágio fetichista da sociedade primitiva.

O desenvolvimento dessas primeiras comunidades seguiu um ritmo distinto nas diversas regiões da Terra. Iniciado em momentos diferentes e com duração variável, esse processo evolutivo foi, em muitas áreas, concomitante, o que dificulta, bastante, a fixação de datas de aplicação generalizada. As datas têm, assim, um caráter indicativo e aproximativo, inclusive porque, na ausência da escrita (inventada no quarto milênio), não são disponíveis evidências comprobatórias definitivas de datação dos fatos e acontecimentos pré-históricos. As regiões para as quais se dispõe de razoável número de dados e informações são a Mesopotâmia, a Europa e os vales do Nilo, Indo e Amarelo.

Considera-se que o Neolítico teve início na região mesopotâmica, há uns 12 mil anos; no Sul da Europa (Grécia, Bálcãs) e Anatólia, há 9 mil anos; no Vale do Indo, há 7 mil anos; e na China, há uns 6 mil anos; independentemente desse desenvolvimento na Eurásia, o Período Neolítico teria começado na América Central e México por volta de 8 mil anos atrás, com o início da chamada Revolução agrícola.

O processo evolutivo não ocorreu, assim, por igual e simultaneamente, nas diversas regiões da Terra. Com defasagem e sujeitas a condições locais, as diversas comunidades tiveram, contudo, uma base comum ou uma cultura neolítica comum, muitas das vezes facilitada pelos contactos de comércio com vizinhos e até com populações de outras regiões; mesmo no caso de sociedades isoladas, como é o caso da América Central, a evolução seguiu o caminho percorrido por outras na Eurásia, como atestam a agricultura, a cerâmica, os metais. O desenvolvimento técnico foi, basicamente, equivalente, nesse Período Pré-Histórico, nas diversas partes do Mundo. A explicação se encontra em a invenção, impulsionadora da Técnica, ser produto do meio, de sua época, e não de um indivíduo. Tais foram os casos, por exemplo, da linguagem, da agricultura, da cerâmica e da domesticação dos animais.

Na realidade, a primeira grande inovação nasceu da necessidade de subsistência de uma população cada vez maior (crescimento de comunidades), cujos produtos de caça, pesca e coleta já eram insuficientes para satisfazê-la. As crescentes dificuldades para o deslocamento de grupos cada vez maiores, errando pelas terras circunvizinhas atrás de um alimento aleatório, contribuíram decisivamente para a busca de suprimento garantido, abundante e menos penoso de alimentos. As plantas locais, complemento das necessidades alimentares em momentos de escassez de caça e frutos, viriam a se constituir na principal fonte de alimentos. Depois de inúmeras tentativas, erros e acertos, e, para alguns autores, após uma boa dose de sorte, aquelas populações adquiriram a técnica do cultivo do arroz e do sorgo (China e Sudeste da Ásia), do trigo, da cevada, do centeio, da aveia e de leguminosas (Mesopotâmia, Anatólia, Sul da Europa), do milho, do feijão e da batata (América Central, região andina). A fartura resultante da incipiente agricultura incentivou o aumento demográfico, o qual requereu novas técnicas a fim de aumentar a produção e a produtividade. A expansão da fronteira agrícola para novas terras férteis propiciou a invenção do arado (Europa – 6 mil anos atrás), enquanto a irrigação e a barragem foram utilizadas nas terras abundantes de água (Mesopotâmia, vales do Nilo, do Indo e do Amarelo). A agricultura fixou o Homem à terra, transformando-o em um ser sedentário, que passaria a viver em pequenas granjas ou vilas agrícolas. A transição decorrente da implantação da agricultura teria amplas e profundas consequências, transformando uma Sociedade predadora, nômade e formada de agrupamentos familiares em uma produtora, sedentária e de dimensão multifamiliar. A resultante mais significativa para essa nova e emergente

Sociedade foi o nascimento de um novo modo de vida totalmente diferente do de seus antepassados.

A Cultura Pré-Histórica foi oral, o que significa não haver registro escrito desse período. O conhecimento atual desse período é, assim, necessariamente superficial e tentativo. As descobertas de utensílios, adornos, restos mortais, vestimentas, rodas e ruínas de construções são algumas das evidências do tipo de cultura de tradição oral dessas populações. A Antropologia, ao estudar as comunidades ágrafas contemporâneas, e as informações dos primeiros documentos escritos têm contribuído, também, para uma compreensão da cultura dos povos do Período Neolítico.

Dependentes exclusivamente da memória para a transmissão de conhecimento, não foi permitido a tais povos alcançar saber teórico, mas lhes foi possível obter e desenvolver a técnica de como fazer as coisas.

Os grandes avanços técnicos, movidos pelas crescentes necessidades, em um meio hostil, e pela capacidade inventiva e imaginativa, podem ser assim resumidos: a) utilização de novos materiais – pedra polida e argila, da qual criaram a cerâmica, com a fabricação de um grande número de utensílios (copos, vasilhames, jarras, potes), inclusive para a estocagem de alimentos, e o tijolo, que seria usado na construção de habitações; b) alimentação mais rica e variada, com a introdução de novos produtos, como o leite, cereais, leguminosas; c) vestimentas e agasalhos mais confortáveis de tecidos (linho, lã), o que significou, ao menos, uma incipiente e tosca tecelagem; d) desenvolvimento do curtume – peles, couro –; e) domesticação de animais para alimento e tração (cão, cavalo, boi, porco, carneiro, cabra, rena, camelo, galinha). A pecuária (criação de animais) e a atividade de pastoreio foram decorrentes diretos dessa importante inovação; g) utilização da energia eólica (barco à vela) e da tração animal para moagem e semeadura, para as quais desenvolveram a atrelagem e a junta de bois; h) invenção da roda, roldana, rolos, aumentando a capacidade de força muscular humana e animal; i) fabricação de cestos e balaios de uso doméstico; j) identificação de plantas venenosas e de plantas medicinais; k) construção de moradias (palafitas) mais apropriadas para uma vida sedentária, o que corresponderia aos primeiros tempos da Arquitetura. As manifestações artísticas, inclusive a Arte decorativa se expandiram, como atesta o grande número de esculturas e adornos encontrados em vários locais arqueológicos.

Esses extraordinários avanços não se limitaram ao campo técnico (tecelagem, cerâmica) ou ao campo das Artes (Escultura, Pintura, Arquitetura),

vinculados à satisfação das necessidades materiais e culturais de uma nova Sociedade mais complexa e sofisticada. Transformações profundas na organização social, decorrentes das novas exigências comunitárias, foram os pontos altos desse processo evolutivo.

As novas e variadas atividades na agricultura, no pastoreio, no artesanato de cerâmica, na construção de moradias, no comércio com outras comunidades, na defesa da vida e dos interesses comunitários, ao promover uma incipiente especialização, estabeleceram uma divisão de trabalho da qual surgiu a classe dos proprietários, a dos empregados, a dos escravos, a dos operários ou artesãos e a dos mercadores[6]. A necessidade de um chefe, a fim de poder agir em conjunto, tanto para a defesa da comunidade, diante de um inimigo, quanto para dirigir os esforços na obtenção de sua subsistência, introduziu na Sociedade a ideia de uma autoridade política. Consolidar-se-ia, com o tempo, a figura do chefe e de seus auxiliares mais próximos, e surgiria, como representante do poder espiritual, a casta sacerdotal, aliada e suporte dos detentores do poder político.

Essa divisão de trabalho se refletiu no processo de urbanização, ao separar o poder defensivo e religioso, localizado nas vilas, das populações camponesas, vivendo próximas da lavoura. Seria nesses centros populacionais, onde passaram a habitar os chefes militares e religiosos e parte dos artesãos, e onde se estocariam os alimentos, que seriam adotadas as decisões políticas regulatórias da vida comunitária[7]. O dispositivo funcional, escreveria Daumas, se transformou progressivamente, ao ponto que se produziu uma separação tanto social quanto territorial entre a maioria rural, engajada na produção alimentar, e a minoria urbana, dedicada, nos planos profanos e religiosos, ao capital coletivo. Desses centros urbanos, onde se concentravam a riqueza e o poder (militar e religioso), surgiriam as inovações técnicas, como a metalurgia, que só tardiamente beneficiarão as populações do campo. A noção de propriedade se firmaria definitivamente, e os novos detentores do poder passariam a gerir a coisa pública. Os processos de estratificação social e de organização política se acentuariam, enquanto o sistema produtivo se tornaria cada vez mais complexo. Algumas comunidades mais avançadas deixariam de sacrificar os prisioneiros de guerra em cerimônias de

---

[6] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*
[7] RIBEIRO, Darcy. *O Processo Civilizatório.*

antropofagia, para apresá-los como trabalhadores cativos, surgindo, desse modo, o escravismo[8].

Como seus antepassados, o Homem desse Período Pré-Histórico tinha como prioridade absoluta sua sobrevivência em um meio hostil. Daí sua objetividade, seu pragmatismo, seu interesse no desenvolvimento de coisas práticas e úteis que lhe facilitassem enfrentar as dificuldades do dia-a-dia. Não havia outra preocupação além das de assegurar uma melhoria das condições de vida.

No Mundo Pré-Histórico e Proto-Histórico, a Natureza, tão diversa e misteriosa, deve ter maravilhado, e apavorado, aqueles habitantes, ainda impossibilitados de compreender os fenômenos naturais ou de procurar uma explicação racional e lógica para o que acontecia a seu redor. Apesar de o Homem primitivo constatar, através da observação, a ocorrência de fatos extraordinários, como o movimento dos corpos celestes, variação climática, sucessão do dia e da noite, chuva, eclipse, tremor de terra, doenças e morte, não lhe ocorria, nem o preocupava, buscar explicações para tais fenômenos, carente que era de espírito crítico e analítico. Sua própria observação dos fenômenos naturais era passiva, deficiente, assistemática e sem objetividade, no sentido de que não lhe aguçava a curiosidade. Sua reduzida capacidade de observação e sua imaginação lhe seriam suficientes, contudo, para deslanchar impressionante desenvolvimento técnico. Sua imaginação desempenharia um papel central em sua evolução mental e cultural, porém não se subordinaria à observação e, até mesmo, em alguns casos, e em determinadas situações, a substituiria pela pura imaginação. Como ensina Ivan Lins, era inevitável que o Homem primitivo atribuísse os fenômenos ou acontecimentos a vontades fictícias, isto é, sobrenaturais e imaginárias, que só existiam em sua própria fantasia e eram infirmadas pela observação[9].

Surgiria, em consequência, como fruto da imaginação, a magia, que procuraria expressar uma síntese do Mundo natural e de seu relacionamento com o Homem. Para Colin Ronan[10], a "magia exprimiu o que, de um modo geral, era uma visão anímica.... em um mundo onde as forças eram personificadas". Esse relacionamento (chuva e crescimento das plantas, por

---

[8] RIBEIRO, Darcy. *O Processo Civilizatório.*
[9] LINS, Ivan. *Escolas Filosóficas ou Introdução ao Estudo da Filosofia.*
[10] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência*.

exemplo) era facilmente observável, mas a dificuldade se encontrava em explicar tais fenômenos e em colocá-los a seu serviço. Como escreveu Maurice Daumas "durante muito tempo ainda, tudo decorrerá da simples experiência, de uma espécie de submissão ativa às leis naturais. O homem do campo se contentará durante séculos, em todas as latitudes, com os conhecimentos práticos, e este será o tesouro que ele legará às gerações que o seguirão. Aquilo que ele não compreende, ele o explicará por sua ação diária, mesmo a mais humilde, em ritos tornados tradicionais...". O Mundo tornar-se-ia compreensível somente através da ideia de que os objetos e fenômenos tinham vida própria ou eram manifestações de deuses e divindades, que deveriam ser agradados de forma a terem boa vontade para com os homens em sua labuta diária. Assim, o Mundo era povoado por um conjunto de seres visíveis (animais, plantas) e controlado por espíritos e forças ocultas e misteriosas que habitavam os seres, objetos e elementos (animais, árvores, mar, vento, chuva, Sol); algumas dessas forças eram perceptíveis (raio, trovão, tremor de terra), e a doença era tida como uma manifestação dos espíritos do mal. Os fenômenos naturais eram, assim, relacionados com o mundo dos espíritos, desenvolvendo-se procedimentos (através da magia) para lidar com os dois mundos. A reencarnação era uma crença amplamente difundida.

A Medicina, ou melhor, a arte de curar, nas culturas orais ou ágrafas, era inseparável da magia. O valor do especialista na cura não era devido à sua habilidade cirúrgica ou ao uso correto de plantas medicinais, mas ao seu conhecimento das causas sobrenaturais da enfermidade.

Surgiu, então, a figura do feiticeiro, mago, curandeiro, que incentivaria a imaginação popular e criaria uma ritualística pela qual seria possível prestar homenagens a essas forças misteriosas. Detentor dessa capacidade de interpretar a vontade superior de tais entidades, o feiticeiro transformou-se em uma das autoridades da Sociedade, constituindo-se, inclusive, em uma casta, a sacerdotal. Como escreveu Darcy Ribeiro, "os especialistas no trato com o sobrenatural, cuja importância social vinha crescendo, tornam-se, agora, dominadores. Constituem não apenas os corpos eruditos que explicam o destino humano, mas também os técnicos que orientam o trabalho, estabelecendo os períodos apropriados para as diferentes atividades agrícolas. Mais tarde, compendiam e codificam todo o saber tradicional, ajustando-o às novas necessidades, mas tentando fixá-lo para todos os tempos. Este caráter conservador era inarredável à sua posição de guardiões de verdades reveladas, cuja autoridade e cujo poder não se encontravam neles, mas nas

divindades a que eram atribuídas"[11]. Preces, invocações, feitiços, sacrifícios, purificações, amuletos e poções seriam, então, utilizados para apaziguar e festejar essas divindades e espíritos.

Essa visão anímica do Mundo e da Natureza, essa mentalidade fetichista levaria, inexoravelmente, a uma noção do absoluto; o Homem acreditaria ter posse do conhecimento absoluto, pois não encontraria nenhuma dificuldade ou problema em se satisfazer com a interveniência de divindades para justificar os fenômenos. O problema da compreensão não surgia, assim, para o Homem Neolítico, já que a explicação fetichista lhe satisfazia. Bastavam-lhe as constatações do que ocorria ao seu redor e a crença em um poder superior, responsável pelo que ocorria e ao qual deveria submeter-se e adorar[12].

b. Idade dos Metais

O terceiro e último Período da Pré-História é conhecido como o da Idade dos Metais, ou Eneolítico, ou ainda de Proto-Histórico, de curta duração (de 8 mil a 5 mil anos atrás), mas de grande importância no processo evolutivo da Sociedade Pré-Histórica, pois corresponde à transição para o Período Histórico. As atividades agrícolas e de artesanato, iniciadas no Neolítico, se expandiriam e se diversificariam para atender a uma maior demanda de uma crescente população que se urbanizava rapidamente; surgiriam centros urbanos em pontos estratégicos das rotas comerciais. Uma nova atividade, a da mineração do metal, contribuiria para a diversificação econômica, propiciando o aparecimento da Metalurgia. Tão importante quanto foram, em épocas anteriores, a argila, o osso, a madeira e a pedra, o novo material, de múltipla utilização, teria um papel decisivo no plano econômico e social das sociedades do período, a ponto de caracterizá-lo.

O primeiro metal descoberto foi o cobre (cerca de 8 mil anos atrás, no Sudoeste europeu, espalhando-se pelo resto da Europa, Ásia e Norte da África), usado em utensílios domésticos; sua importância e significado explicam ser esse Período inicial chamado, por muitos autores, de Calcolítico. O ouro e a prata também foram conhecidos nessa época e tiveram muitas aplicações, inclusive em adornos. O bronze (liga de cobre e estanho) segue cronologicamente os três metais anteriores, mas pela técnica requerida para

[11] RIBEIRO, Darcy. *O Processo Civilizatório.*
[12] LINS, Ivan. *Escolas Filosóficas ou Introdução ao Estudo da Filosofia.*

sua fabricação, originou a Metalurgia, avanço técnico fantástico, o que justifica chamar esse Período de Idade do Bronze. O bronze foi fabricado primeiro na Mesopotâmia, por volta de 6 mil anos atrás, e na Grécia e China, há 5 mil anos, vindo, rapidamente, outras populações a aprender a técnica e a utilizar o metal. O ferro só viria a ser conhecido há cerca de 3.300 anos, usado, por primeira vez, em artefato de guerra, pelos hititas.

A linguagem falada permitiria melhor convivência social entre os diversos grupos multifamiliares, ao mesmo tempo em que o avanço econômico e a divisão de trabalho favoreciam um empírico desenvolvimento técnico, de efeito altamente positivo, nas condições de vida das populações. A noção de propriedade privada se estenderia aos meios de produção e ao campo, consolidando-se a hierarquização social, com uma classe rica, dominante, próxima e beneficiária do poder político, exercido por um governante, apoiado por uma casta sacerdotal. A tradição, os costumes, as crenças e o conhecimento técnico eram transmitidos oralmente, de geração a geração, constituindo-se na característica marcante dessas comunidades.

A descoberta, em setembro de 1991, de uma múmia de caçador, em perfeito estado de conservação, na geleira do Tirol, com datação estimada em 5,3 mil anos, poderá trazer preciosas informações sobre hábitos da população das comunidades da região. O "homem de gelo", que recebeu o nome de Otzi, por causa de a área em que foi encontrado se chamar Oetzal, se encontra no Museu da pequena cidade de Bolzano, na Itália.

Duas extraordinárias inovações técnicas ocorreram no período. A primeira foi a contagem – provavelmente apenas soma e subtração – para fins de medição de peso, volume e área, dadas as necessidades de comércio e de armazenamento do excesso de safra, além do requerimento de quantidade envolvida com a propriedade dos rebanhos de animais. Incipiente e precária, e fruto exclusivo das prementes necessidades comunitárias, a contagem, nesse estágio, foi um mero desenvolvimento técnico. A segunda inovação, a escrita de signo, surgiu por volta de 3,5 mil antes da Era cristã, na Mesopotâmia (tábuas de argila em Uruk), dada a necessidade de consignar o conhecimento obtido nas diversas atividades, de registrar os principais acontecimentos e decisões dos líderes da comunidade e de atender aos interesses comerciais. A transmissão oral, dependente da memória, era já insuficiente para esses propósitos, razão bastante para o desenvolvimento de uma técnica capaz de satisfazer os interesses comunitários. A invenção da escrita, instrumento fundamental na preservação e divulgação da cultura, é um marco no

desenvolvimento da Humanidade, e serve, inclusive, como fecho do Período Pré-Histórico e momento inicial da História.

Apesar de todo o desenvolvimento técnico e acumulação de dados e informações, é compreensível não ter surgido a Ciência no Período Pré-Histórico, porquanto não se tinham ainda reunido as condições necessárias para a transformação do conhecimento empírico em conhecimento científico. Seria contraditório a uma comunidade ágrafa dispor de conhecimento teórico e desenvolver um saber científico. A falta da escrita e de um espírito científico, crítico, analítico, foi suficiente para inviabilizar o nascimento da Ciência naquele contexto Pré-Histórico, mental e social. Avanços técnicos (emprego de drogas extraídas de ervas, trepanação) e observações na área da saúde não podem ser considerados como indicação de algum conhecimento biológico, como a ideia do número, evidência de alguma capacidade de abstração, não serve como momento da constituição da Ciência matemática. Da mesma forma, o conhecimento de algumas plantas não cria a Botânica, ou de certos animais, a Zoologia. O que havia era uma técnica, um conhecimento prático, um empirismo sem qualquer abstração dos princípios subjacentes. Assim, apesar dos incontestáveis progressos técnicos, a Ciência não foi criada nesse Período da Pré-História da evolução humana.

O surgimento das primeiras grandes civilizações, às margens dos vales do Tigre e Eufrates, do Nilo, do Amarelo e do Indo e Ganges, início do Período Histórico, beneficiou-se pela incorporação do adiantamento social, cultural e técnico ocorrido em épocas anteriores, especialmente no Período arqueológico Neolítico e na Idade dos Metais, nessas regiões. Assim, não surgiram tais culturas por acaso ou por milagre nesses locais, nem desenvolveram esses povos seus conhecimentos e seu modo de vida sem uma base prévia; essas civilizações primárias emergiram diretamente de seu passado neolítico[13]. Há, assim, um legado importante, recebido no início dos tempos históricos, que não deve ser esquecido ou desprezado, porquanto ele contém respostas para uma série de indagações sobre os primórdios do Homem, sua evolução e suas realizações, bem como sobre a emergência das civilizações primárias.

---

[13] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

Capítulo I - A Técnica nas Primeiras Grandes Civilizações

As comunidades que se formaram nos férteis vales dos rios Eufrates e Tigre, do Nilo, do Amarelo e do Indo e Ganges, evoluiriam para um estágio relativamente avançado, origem das primeiras civilizações da História, ou seja, das culturas da Mesopotâmia, do Egito, da China e da Índia. Esse início do processo civilizador só foi possível a partir da invenção da escrita, por volta de 5,5 mil anos atrás, que ocorreria, de forma independente e quase simultânea, como uma necessidade social desses povos, provavelmente para registrar contas e operações comerciais, acontecimentos políticos, religiosos e militares, e regras de convivência social.

O primeiro sistema de escrita, que utilizava um bambu talhado em forma de cunha sobre tábuas de argila úmida (daí o nome de escrita cuneiforme), foi inventado na Suméria, na região Sul da Mesopotâmia. Inicialmente, os sumérios usavam desenhos para representar cada objeto ou acontecimento, chegando, segundo os estudiosos, a 1.600 o número de pictogramas na escrita cuneiforme inicial. O sistema seria simplificado, depois, pelos próprios sumérios, com a aproximação da escrita ao som da palavra através de signos ou ideogramas. Por essa mesma época, os egípcios inventariam os hieróglifos, que escreviam com sinais gráficos mais simples em papiros (rolos e folhas). Chineses e hindus criariam, também, nessa época, sistema de escrita em ideogramas, a exemplo dos sumérios. A escrita alfabética surgiria apenas no segundo milênio, com os fenícios (22 letras), aperfeiçoada,

posteriormente, pelos gregos, com a introdução das vogais, num total de 24 letras.

Apesar da complexidade da escrita por ideogramas, e de sua utilização restrita a um pequeno grupo de iniciados (escribas), o papel da escrita, ao proporcionar o registro das tradições orais, substituindo, com evidentes vantagens, a memória como depósito principal do conhecimento, seria determinante e decisivo na passagem da Sociedade humana de um estágio cultural para um mais complexo, estimulante do exame e da crítica e exigente de novos processos de pensamento, como a abstração.

A partir daí, o desenvolvimento cultural, econômico, técnico e social dessas comunidades adquiriria novo ritmo, o que viria permitir o surgimento dessas civilizações, dado que estariam preenchidas condições de urbanização, estrutura social, comunidade de língua, crença e costumes, e um sistema de contagem e de escrita.

Dessas quatro grandes civilizações, as duas primeiras duraram pouco menos de 4 mil anos. A civilização da Mesopotâmia terminaria com a conquista da Babilônia pelo Rei persa Ciro, em 539 a.C., e, posteriormente, pela submissão do Império Persa a Alexandre da Macedônia, que expandiria a cultura grega na região. A cultura mesopotâmica seria gradativamente abandonada, até seus últimos vestígios desaparecerem definitivamente, com a conquista de toda a região, inclusive a Pérsia, pelo Islã, nos séculos VII e VIII. A civilização do Egito, iniciada com a unificação, por Menés (3150-3125), do Alto e Baixo Egito, entraria em crise a partir da conquista do Império por Alexandre, em 332, quando a influência grega se firmaria, com o desenvolvimento de Alexandria como grande centro da cultura helênica sob a dinastia dos Ptolomeu. A derrota egípcia, em 31 antes da Era cristã, na Batalha de Ácio, transformou o Império em mera província romana, o que agravaria, ainda mais, o grau de deterioração e de decadência da antiga cultura egípcia. Quando a região foi invadida e dominada pelos árabes muçulmanos (século VII), pouco ou quase nada restara da antiga civilização.

As outras duas grandes civilizações, a da China e a da Índia, têm a particularidade de uma existência de mais de 4 mil anos, resistindo a invasões e dinastias estrangeiras e se mantendo até os dias atuais por um processo evolutivo próprio. Até a proclamação da República na China (1912) e da independência da Índia (1947), os fundamentos de ambas as culturas, ainda que diferentes entre si, permaneceram atuantes e válidos,

ao longo desse processo histórico, o que explica a surpreendente continuidade dessas civilizações até hoje. Os avanços dessas duas culturas serão, no entanto, examinados, neste Capítulo I, desde seu início até a época aproximadamente correspondente ao final da Antiguidade Clássica greco-romana.

Além dessas quatro grandes civilizações, uma curta referência a outros povos e culturas da Antiguidade no Oriente Próximo consta de um capítulo à parte, se bem que a quase totalidade de estudos da História da Ciência não se ocupe desses povos, em vista de não terem contribuído para o desenvolvimento científico e técnico da época. Hititas, persas, fenícios e hebreus foram, basicamente, caudatários de técnicas desenvolvidas por outros povos, mas tiveram algumas características e iniciativas que os diferenciaram das outras culturas: os fenícios, pela invenção do alfabeto; os hebreus, pelo monoteísmo; os hititas, pelo aproveitamento pioneiro do ferro; e os persas, pela criação de um formidável Império.

A Ciência é uma criação grega, primeiro povo que demonstrou a necessária capacidade de abstração e de racionalidade, inexistente em outras culturas da época, para desenvolver um espírito inquisitivo, crítico e analítico, indispensável para tal criação. A ausência desses atributos nas culturas mesopotâmica, egípcia, chinesa e hindu, bem como nas demais de mesma época, explica não ter sido possível a esses povos criar a Ciência. Fruto da imaginação, da capacidade inventiva e das demandas da Sociedade, essas quatro grandes civilizações seriam capazes, contudo, de criar, aperfeiçoar e inovar, em diversos campos, através da Técnica, o que lhes permitiria estabelecer as condições para o grande desenvolvimento de suas sociedades; o avanço e a expansão do artesanato, da mineração e da metalurgia ilustram este ponto. A existente pré-Ciência tinha um fundo meramente prático, na aplicação de técnicas de contagem e medição, de tratamento de doenças e de observação da abóbada e dos corpos celestes para fins religiosos e agrícolas. A explicação teórica dos fenômenos naturais escapava ao domínio das preocupações desses povos, cujas crendices e superstições fetichistas dominavam suas mentes e sua cultura.

A inclusão dessas civilizações neste estudo da História da Ciência teve por finalidade mostrar a evolução do conhecimento e do pensamento humanos em diversos tempos e em diversas culturas, ressaltando a grande diversidade do processo civilizador global.

1.1 MESOPOTÂMIA

A cultura do Período Neolítico e da Idade dos Metais floresceu em uma região mesopotâmica, no Oriente Médio, conhecida hoje como Crescente Fértil e daí se irradiou para regiões circunvizinhas da Ásia Menor e Pérsia. Apesar das condições adversas de solo e clima, os povos que chegaram às férteis planícies e ricos vales banhados pelos rios Tigre e Eufrates, em busca de alimento, foram capazes de aí se fixar, desenvolver a agricultura e criar uma vida comunitária rural. Em contraste com a regularidade benéfica das cheias do Nilo, o fluxo das águas dos rios da Mesopotâmia é irregular e imprevisível, produzindo situações de seca em um ano e de inundações em outro. A construção de canais de irrigação, de açudes e de barragens permitiu a regularização do fluxo das águas, a conquista de novas áreas agricultáveis e o desenvolvimento da produção agrícola. As novas condições econômicas levariam a um aumento demográfico, ao sedentarismo e ao surgimento de vilas. Ainda no Período Neolítico, os notáveis avanços técnicos em diversos setores (criação de animais, cerâmica, tecelagem, utilização da roda, tração animal e energia eólica) demonstram a capacidade criativa e de adaptação, além do caráter prático, utilitário, daquele povo.

A chamada civilização mesopotâmica nasceu exatamente nessa área privilegiada do Crescente Fértil e herdou toda essa base cultural, ponto de partida para novos desenvolvimentos em várias atividades: intelectuais, políticas, religiosas, técnicas. A parte sul, banhada pelo Golfo Pérsico, era conhecida como Suméria; o centro, correspondendo ao curso médio dos rios Tigre e Eufrates, era chamado de Agadé ou País de Acad; e a parte Norte, próxima às nascentes dos dois rios, era denominada de Assíria ou Assur.

A cultura desenvolvida na região, com a Revolução agrícola, se situou no início do Período que os historiadores e arqueólogos chamam de Idade dos Metais, quando o cobre, o bronze e o ferro substituiriam a pedra como principais materiais para a confecção dos instrumentos, implementos, objetos e armas; o chumbo e o estanho seriam usados num Período mais recente da História dos povos da Mesopotâmia. O ouro e a prata, por sua maleabilidade, seriam utilizados como adornos, peças de decoração e em cerimônias fúnebres. Em consequência do valor dos metais na Sociedade, as técnicas de mineração e metalurgia se aprimoraram e os artesãos de ourivesaria seriam prestigiados.

Foi extraordinária a abrangência dessa civilização: área territorial extensa em seu apogeu (Oriente Médio, Ásia Menor), longo período cronológico (desde a urbanização e a invenção da escrita, no quarto milênio, até a helenização de toda aquela região a partir de 331, pela conquista de Alexandre), e grande variedade de povos (sumérios, acádios, amoritas, semitas, cassitas, hurritas, caldeus, hititas, babilônios, assírios) que se revezaram no domínio político local ou regional. Apesar de toda a complexidade decorrente dessa abrangência na evolução cultural e técnica, é aceito ser a civilização mesopotâmica fundamentalmente constituída pelas culturas suméria e babilônica, já que os demais povos pouco aportaram e se submeteram à influência dessas culturas mais avançadas. O uso da escrita cuneiforme suméria explica o forte laço da unidade política e cultural, ao longo das várias dinastias. Leis, códigos, registros de impostos, cartas pessoais, lições de escola, transações comerciais e efemérides eram registrados em tábuas de argila, reforçando esse sentimento de unidade das comunidades. O declínio se iniciou com a conquista de todo essa região por Ciro, em 539 a.C, que, ao fundar o grande Império Persa, submeteria a cultura sumério-babilônica aos interesses, às tradições e à cultura persa; a antiga tradição passaria a ser uma mera expressão do passado, e a região uma simples província do Império Persa.

1.1.1 Considerações Gerais

O conhecimento da cultura mesopotâmica data de meados do século XIX, a partir do extraordinário trabalho de decifração da escrita cuneiforme pelo orientalista inglês Sir Henry Rawlinson (1810-1895), que aperfeiçoou uma chave sugerida pelo arqueólogo e filólogo alemão Georg Grotenfend (1775-1853), que realizara algum progresso na leitura da escrita cuneiforme. Inscrições esculpidas num monumental baixo-relevo, com cerca de 100 m², achado num grande rochedo, perto da aldeia de Behistun, no Noroeste do atual Irã, serviriam de peça principal para a decifração da escrita. As inscrições estão gravadas em 13 painéis, numa superfície aproximada de 50 m por 30 m em três línguas: persa antigo, elamita e acadiano, todas em escrita cuneiforme. As inscrições e o relevo datam de 516 a.C., sob as ordens de Dario, o Grande[14]. Rawlinson copiou tais inscrições, e, após paciente e exaustivo trabalho, publicou alguns livros nos quais apresentou o sucesso de

[14] EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

suas pesquisas e de sua descoberta. Um intenso trabalho de arqueologia na região mesopotâmica se seguiu, o que permitiria descobrir, até hoje, mais de 500 mil tábuas de argila com inscrições sobre variados temas. No local da antiga Nippur foram escavadas mais de 50 mil tábuas, e na Biblioteca Real de Nínive, cerca de 25 mil. Dispõe-se, assim, de razoável quantidade de material com variada informação sobre diversos aspectos da vida desses povos em muitos períodos da história babilônica. Graças às pesquisas e ao trabalho arqueológico na região, deve-se esperar, num futuro próximo, maior conhecimento da cultura mesopotâmica.

A invenção da escrita foi, talvez, a maior contribuição dos sumérios à cultura humana. Considera-se a escrita como o marco do fim do Período Pré-Histórico, e, consequentemente, o início da História, ao tornar possível, pelo registro dos fatos e obras, o conhecimento da evolução da Sociedade humana, de suas conquistas e realizações. Ainda que não seja possível precisar uma data para sua invenção, por se tratar de obra de gerações, e não de um indivíduo, a mais antiga tabuleta com a escrita cuneiforme primitiva, encontrada em Uruk, é estimada em 5 mil anos atrás. A invenção, pelos sumérios, no terceiro milênio, surgiu da necessidade de atender aos crescentes requisitos de uma Sociedade mais complexa, como as atividades comerciais e as ordenanças reais, que não podiam continuar dependendo da transmissão oral, da memória, para a troca de dados e informações. A técnica empregada era a seguinte: com a ponta afiada de um junco, se desenhava numa plaqueta de argila um signo pictográfico (haveria cerca de 1.600 signos – cabeça de boi, espiga de trigo, pote, etc.). Com o tempo, os signos passaram a ser feitos com a ponta do junco, em forma de cunha, na tábua ou plaqueta de argila compactada, e depois, cozida. A escrita (terceiro milênio) evoluiu de uma figura concreta para o ideograma cuneifórmico de valor silábico (Tell Brak – Norte da Síria).

Outro desenvolvimento da maior importância, que explica o surgimento da civilização sumério-babilônica, foi o aparecimento de grandes centros urbanos na Mesopotâmia, em decorrência do grande aumento populacional e econômico da região, proporcionado pela Revolução agrícola, no Período Neolítico e Proto-Histórico. A radical transformação de uma população nômade e predadora numa sedentária e produtora criaria as condições indispensáveis para a ocorrência da chamada Revolução urbana, no início da Idade do Bronze (quarto milênio), cujas repercussões seriam igualmente decisivas na formação de uma nova estrutura social e uma nova organização

política, ou seja, no nascimento de uma nova Sociedade. Essas cidades se constituiriam no centro político, econômico, religioso e cultural da região, monopolizando a riqueza e o poder, político e religioso.

Por não dispor de defesas naturais (vulnerabilidade das planícies) e por ter alcançado um relativamente alto nível de desenvolvimento econômico e cultural, a região foi continuamente objeto da cobiça de seus vizinhos e da rivalidade das diversas etnias. Essa instabilidade política tornou evidente a necessidade de proteger a riqueza acumulada com o excedente de safra agrícola, com a aquisição de objetos e materiais comercializados com outros povos, bem como de defender os templos, centros espirituais da comunidade. A criação de cidades muradas, onde eram armazenados os alimentos, exercidos os ofícios de artesanato e de comércio e onde estavam protegidas as classes aristocráticas e sacerdotais, tinha, portanto, um objetivo defensivo, entre outros (econômico, religioso, político, social). Suas principais construções eram os palácios e os templos, para abrigar a elite governante; murada, a cidade se protegia de ataques externos e mantinha, em conveniente distância, a população trabalhadora rural. Uma das principais edificações era o zigurate, vasta estrutura em forma de pirâmide escalonada ou torre, composta por sucessivos terraços, encimada por um templo ou santuário, que se atingia por meio de largas escadas. O mais notável zigurate era o da cidade de Ur, dedicado a Nanna ou Sin, deusa da Lua. Essas monumentais obras mostram que já no terceiro milênio os sumérios estavam familiarizados com as formas básicas da Arquitetura – coluna, arco, cúpula, abóbada.

Ao longo da civilização mesopotâmica e das regiões vizinhas, foram construídas famosas cidades – Uruk, Nippur, Ur, Mari, Lagash, Ugarit, Ashur, Hattusas, Susa, Babilônia, Nínive – e foram criados vários impérios: sumério-acadiano, babilônico, assírio, 2° babilônico-caldeu. Ao longo do Período, uma das cidades-Estados obteria hegemonia momentânea sobre as demais. A unificação da Mesopotâmia, porém, prevaleceria, a partir de 2750, com Sargão, que iniciou a dinastia Acadiana, a qual, devido à influência cultural da Suméria, é conhecida como dinastia Sumério-Acadiana, que duraria até cerca do ano 2 mil. O 1° Império Babilônico foi obra de Hamurabi (2067-2025), mas seria conquistado, no século VIII, pelo Rei assírio Teglatefalasar III; os reis mais conhecidos da dinastia Assíria são Sargão II e Assurbanipal. Em 612, Nabucopolassar derrotou os assírios e fundou o efêmero 2° Império Babilônico, cujo governante mais famoso seria Nabucodonosor. A vitória de Ciro, Rei dos persas, em 539, significou o colapso definitivo do Império e da

cultura da Mesopotâmia, reduzida a uma mera província aquemênida. A civilização mesopotâmica teve, assim, uma duração, registrada, de cerca de 4500 anos.

A Sociedade resultante desse processo, radicalmente diferente das anteriores sociedades caçador-coletoras e rurais, foi formada, *a grosso modo*, por duas grandes classes: a dos governantes, constituída por uma elite política, religiosa e militar, que acumulou riqueza através da propriedade das terras e da imposição de taxas, impostos e tributos, e a dos governados, destituída de direitos e privilégios, formada por artesãos, mercadores, camponeses e escravos.

O poder do Rei era incontrastável, e era exercido de forma absoluta. Nessas cidades-Estados a divindade era, na realidade, o soberano; seu representante temporal era o rei. Nada era feito sem consulta à divindade; tudo que acontecia era resultado de sua vontade. O dever do crente era o da absoluta submissão[15]. A casta sacerdotal dispunha de enorme autoridade sobre a população, como única e válida intérprete dos desígnios das divindades; detinha, ademais, o quase exclusivo conhecimento da escrita, da contagem e da Medicina, e o monopólio da Astrologia, o que a tornava sustentáculo importante da realeza. A casta militar assegurava a sobrevivência da cidade (quando era o caso) e do Império aos ataques externos. Os mesopotâmios foram os primeiros a organizar um exército permanente, com base no dever dos súditos de servir o Estado. A instabilidade política explica o papel central dessa casta na estrutura social e no desenvolvimento técnico na Arte da guerra, como o uso do metal em armas, elmos e escudos, e do carro de combate puxado a cavalo. O escriba, quando não era sacerdote, era alguém vinculado diretamente à corte, formada por palacianos que ajudavam o monarca na administração de sua vontade. À medida que se ampliava o Império, a administração se tornava mais complexa, sendo requerido corpo de funcionários públicos, que gozavam de algumas regalias.

A classe dos governados – sem recursos e supersticiosa – dedicava-se às suas ocupações diárias, sem perspectiva de melhoria (na ausência de mobilidade social) de suas condições de vida. Os escravos eram usados em serviços domésticos, ou enviados para trabalhar no campo ou nos templos. Os prisioneiros de guerra eram empregados, normalmente, nos trabalhos de

[15] LAROUSSE Encyclopedia. *Ancient & Medieval History.*

construção de templos e palácios, abertura e manutenção de canais e levantamento de barragens.

Outra diferença marcante entre essas sociedades (rural e urbana) é a da religiosidade e seus ritos. A passagem de um fetichismo puro, no qual a comunicação entre o indivíduo e as forças ocultas se fazia diretamente, sem intermediação e sem ritual especial, para uma astrolatria, pela qual a vida neste Mundo estava dependente do comportamento dos astros e estrelas, explica o surgimento de templos dedicados aos diversos deuses e servidos por uma casta sacerdotal; essa importante mudança de mentalidade seria, inclusive, uma das forças motoras da transformação da vida rural em vilarejo dos grandes centros de poder político, nas cidades-Estados.

A cultura mesopotâmica era dominada pela religião, pelo culto de divindades, demônios, fantasmas, seres invisíveis, fantásticos e todo-poderosos, pela crença na dependência da vida terrena dos astros e demais corpos celestes. Esse fetichismo astrolátrico será a principal determinante da vida e da cultura mesopotâmicas. Além do Sol e da Lua, adoravam os cinco planetas, cujos movimentos eram comandados pelos respectivos deuses: Sin, a Lua, reinava sobre as plantas, a agricultura, os dias, o ano, o destino dos homens; Shamash, o Sol, era o deus da vida, da justiça; Ishitar, deusa do amor, era Vênus; o criador, Marduk, era Júpiter, o protetor da Babilônia, e seu filho Nabu, Mercúrio, o deus da sabedoria; Marte era Nergal, o deus do inferno e da guerra, e Ninurta, ou Saturno, era o deus da ordem e da estabilidade.

Dessa crença astrolátrica desenvolveram-se a magia e a adivinhação, duas atividades culturais da maior importância na Mesopotâmia. A magia era exercida pelos sacerdotes, conhecidos como exorcistas ou encantadores, em nome de dois deuses, Ea e Marduk. A magia se fundamentava na concepção do sobrenatural, onde todos os elementos, vivos ou não, eram dotados de consciência e de vontade. Os exorcistas eram os únicos que, por sua iniciação religiosa e pela proteção, podiam mover-se sem perigo entre essas forças misteriosas e buscar conhecer os desígnios divinos. A adivinhação, muito cultuada, utilizava vários métodos para conhecer e descobrir o futuro, como a oniromancia (interpretação dos sonhos), a aruspicação (exame das entranhas das vítimas), a hepatoscopia (exame do fígado), a Astrologia (posicionamento dos astros), a lecanomancia (vaso com óleo para leitura da imagem), a fisiognomonia (interpretação dos traços do rosto), e o presságio em nascimentos. Com base na leitura dos resultados do método aplicado, o

adivinho, astrólogo ou arúspice podia prever guerra, fome, doença, epizootias, chuvas, inundações, epidemias; tais perigos poderiam ser afastados através de sacrifícios e ritos, pelo que acreditavam poder alterar os acontecimentos.

Dos diversos métodos de adivinhação, a Astrologia é a mais característica. Da constante observação da abóbada celeste para fins de estabelecer a influência dos astros e outros corpos celestes na vida da população, desenvolveram os sacerdotes-astrólogos, principalmente a partir do Período Caldeu, uma Astronomia de posição, e instituíram o Zodíaco baseado na aparente trajetória (eclíptica) do Sol pelas doze constelações de estrelas, os doze signos[16]. Convencidos da influência dos astros sobre os acontecimentos humanos e terrestres, a Astrologia se desenvolveu na Mesopotâmia como método de presságio, daí se espalhando para outras culturas.

A civilização mesopotâmica foi essencialmente voltada para o desenvolvimento e aperfeiçoamento técnico em todos os domínios, tendo atingido níveis que durante séculos não seriam ultrapassados. Na construção de grandes monumentos, templos e palácios, na edificação de fortificações, no planejamento e urbanismo das cidades, na irrigação e drenagem dos campos, na diversificação da alimentação (leite, pão, cerveja, vinho, frutas), na utilização de caravanas para o comércio com lugares distantes e na de barcos a vela na navegação marítima e fluvial (inclusive nos canais), na tecelagem do linho e do algodão, no mobiliário, no uso de ouro, prata e marfim na bijuteria e na ourivesaria, nas diversas manifestações artísticas, como a pintura na cerâmica e a música, na fundição e na variada utilização de metais, no emprego do vidro, de tinturas e de perfumes, no aperfeiçoamento de armas de guerra (lanças, espadas, carros de combate, elmos, escudos), enfim, nos diversos campos da atividade humana, os babilônios demonstraram ser um povo prático, inventivo, criativo, capaz de inovar, desenvolver e aperfeiçoar as técnicas requeridas pelas exigências da Sociedade. Duas invenções, por suas implicações na agricultura, nos transportes e na guerra, devem ser mencionadas em separado: a roda, provavelmente na Suméria no quarto milênio, que permitiria maior mobilidade no transporte dos indivíduos e das mercadorias e cuja inovação repercutiria no comércio, permitindo transações com regiões mais distantes, e na área militar, com a eficiência dos carros de combate; e o arado, provavelmente também no quarto milênio, na Suméria, responsável pela expansão e aumento da produtividade agrícola.

---

[16] FUZEAU-BRAESCH. Suzel. *L'Astrologie.*

Tais técnicas, contudo, não tinham embasamento teórico. Assim, por exemplo, as técnicas na fabricação de vidro, poções, tinturas e metalurgia se deviam a um conhecimento empírico, sem qualquer relação com noções químicas, como o desenvolvimento de máquinas e grandes obras não levaram ao estudo da Mecânica. A invenção da escrita no quinto milênio foi o maior legado deixado por essa civilização às futuras gerações.

O comércio local e regional, importante e tradicional atividade, era realizado sem qualquer sistema de moedas, embora fossem usadas peças de metal precioso para o intercâmbio. Se não possuíam uma moeda-padrão, os sumérios desenvolveram um sistema extraordinário de pesos e medidas, inicialmente utilizado para pesar quantidades de ouro em pó, e não para uso comercial. O peso já seria usado desde 2500 antes da Era cristã, cerca de mil anos antes do Egito. Como em todas as medidas, os comprimentos-padrão eram baseados em partes do corpo humano: mão e palmo, pé e dígito; o padrão do peso era o siclo (129 grãos) e o do volume o log (541 cm^3).

1.1.2 A Técnica na Cultura Mesopotâmica

Como explicou Maurice Daumas, "Os sumérios acreditavam que todos os elementos da civilização eram objeto de uma revelação dos deuses, e que não se poderia fazer nada melhor. Esta concepção só permitiria o progresso do detalhe. O saber, objeto de uma revelação total, portanto sagrado, não poderia ser comunicado, e seria, assim, privilégio dos iniciados, dos sacerdotes que o transmitiam, mas oralmente, e não o consignavam em seus escritos, onde se encontra apenas um conjunto de receitas com o resultado a obter, sem sua explicação". Nessas circunstâncias, ao progresso ocorrido na área técnica não corresponderia avanço no campo teórico, investigativo. A observação e a especulação eram restritas à casta sacerdotal, o que viria inibir o surgimento de um espírito crítico. Como em todas as outras sociedades dessa época, a Técnica precederia a criação da Ciência, a qual requer uma capacidade de abstração, ausente nas primeiras civilizações.

O conhecimento, o saber e as Artes eram dons da deusa Ea, à qual, para os babilônios, só tinham acesso seus sacerdotes, únicos iniciados nos mistérios da divindade. Ciosos desse privilégio e conscientes de que saber é poder, os sacerdotes não transmitiram, não ensinaram, nem registraram nas plaquetas de barro seus conhecimentos. Até hoje só foram encontrados textos de

aplicação prática, catálogos de referência e conjuntos de exercício; o enunciado de soluções não comportava explicações e justificativas. A parte teórica, o enunciado de princípios, de premissas, de postulados, os métodos de investigação e pesquisas não foram revelados. Se houve, não são conhecidos. Esse procedimento era seguido nos domínios dos números e da medição, da observação da abóbada celeste, do tratamento dos doentes.

Em outras palavras, raciocinar, analisar, compreender, criticar, explicar era proibido, por desnecessário e irrelevante. A verdade já estava revelada por Ea aos seus representantes e intérpretes neste mundo, pelo que seria uma perda de tempo tentar compreender o que era privativo da divindade. Detentores do saber, os sacerdotes não tinham como meta instruir, mas dominar; não transmitiam ao povo seus conhecimentos, para não perder a ascendência política, religiosa, cultural e econômica. A tudo davam os sacerdotes uma "explicação sobrenatural, de sagrado, de celeste, que tendia a fazê-los ser vistos como superiores à Humanidade, como revestidos de um caráter divino, como tendo recebido do próprio Céu conhecimentos proibidos ao resto dos homens", como escreveu Condorcet. Por essa razão, explicou René Taton, "nada de obra teórica, de tratado doutrinário, de exposição de princípios. Toda a parte teórica, o enunciado de princípios e metodologia, e os livros do mestre não foram escritos". O acesso às fontes do conhecimento era proibido, as regras não eram demonstradas. O conhecimento estava disponível em catálogos, mera acumulação de dados, como no caso da observação sistemática dos astros, mas sem análise. Não há comentários, críticas, observações, análises, mas mera constatação dos fatos, sem interesse em compreender o problema ou o fenômeno. Não há dúvidas, pois se crê possuir o conhecimento absoluto.

Um dos aspectos relevantes da cultura mesopotâmica é o que comumente se chama de ciência das listas, ou verdadeiros catálogos das inúmeras observações, efetuadas nos diversos campos, ao longo dos milênios. São listas de vegetais, minerais e animais, de utensílios, roupas, alimentos e bebidas, de deuses, estrelas, regiões e povos, de rios, montanhas. Não se trata de mera enumeração, porquanto as coisas e os seres eram agrupados em famílias ou em espécies, de acordo com certas características. No caso, por exemplo, de animais, o cachorro, o leão, a raposa, o chacal, o lobo e a lontra pertenciam à mesma família, pois os nomes de todos esses animais derivavam do nome, em sumério, para cachorro. O signo elementar do asno servia igualmente para o cavalo, o onagro, o dromedário e o

camelo. Essas listas, onde se encontravam consignados os dados da experiência intelectual babilônica, ocupam um lugar importante na formação e no desenvolvimento do pensamento na antiguidade mesopotâmica[17]. Para outros autores[18], a esterilidade do pensamento babilônico se revela ao se limitar à elaboração de listas, à compilação de tudo, sem outro objetivo que o de listar.

Nessas circunstâncias desfavoráveis, é compreensível que não tenha surgido entre os povos dessa cultura um espírito científico, analítico, crítico, investigativo. Num ambiente hostil ao desenvolvimento do raciocínio e da liberdade de pensamento e de expressão, não poderia haver Ciência, mas uma pseudociência, como a Astrologia e a Medicina babilônicas, ou uma técnica elaborada, como nas Matemáticas.

1.1.2.1 MATEMÁTICA - Os textos matemáticos disponíveis (cerca de 400 plaquetas) são de duas épocas muito separadas no tempo: de 2000 a 1600 (Período Babilônico), e de 300 a 150 (Período Selêucida), e podem ser classificadas em duas categorias: tabelas numéricas e tábuas de problemas[19]. A plaqueta mais importante talvez seja a conhecida como Plimpton 322, por ser a 322ª plaqueta da coleção Plimpton, da Universidade de Colúmbia, em Nova Iorque; pertence ao Período Babilônico antigo, foi confeccionada entre 1800 e 1600, e o conhecimento sobre seu conteúdo se deve, principalmente, ao notável trabalho de Otto Neugebauer, em 1935, no livro *Textos Matemáticos Cuneiformes*, e a Thureau-Dangin, em 1938.

A numeração tinha valor posicional e se baseava em um sistema sexagesimal, combinado com o decimal, com apenas dois sinais cuneiformes para registrar toda a numeração; daí certa ambiguidade e dificuldade interpretativa. Como escreveu Colin Ronan, o número correto dependia do contexto, o que dificulta a decifração das plaquetas. O sistema sexagesimal babilônico teve origem, possivelmente, astronômica. A contagem dos dias de uma Revolução solar ao longo da eclíptica deve ter levado à divisão desse círculo em 360 compartimentos ou graus. A fácil divisão do círculo em seis partes iguais, pela inserção de um hexágono, teria levado à adoção do numeral 60 como base do sistema de numeração.

---

17 TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
18 MEULEAU, Maurice. Pietri, Luce. *Le Monde et son Histoire.*
19 DUVILLIE, Bernard. L'*Émergence des Mathématiques.*

O fator-padrão 60, dadas suas vantagens, é o utilizado, ainda hoje, para as medidas de ângulo e tempo. Para representar os números de 1 a 59, empregavam, repetindo por justaposição, os sinais ou símbolos de 1 a 10; acima de 60, o número era decomposto (exemplo: 94= 60+34) e escrito em duas bases distintas, sexagesimal e decimal. O zero era desconhecido, apesar de sua noção já ter sido apreendida no Período Selêucida. Em Aritmética, prepararam tábuas das quatro operações com valores unitários até 20, e daí em diante, em dezenas até 60; eram necessárias, então, repetidas operações para se obter o resultado final desejado. Prepararam, igualmente, tábuas de raiz quadrada e conheciam progressão aritmética.

Os babilônios desenvolveram a Álgebra, expressa de forma retórica, sem anotação simbólica. A solução, porém, é apresentada como resultado de regras e operações sem justificativas, como explicou Duvilli, sem comentários do procedimento adotado. Eram capazes de resolver equações simples, de 2° grau e cúbicas. A maioria dos especialistas reconhece o caráter essencialmente algébrico dos conhecimentos matemáticos dos mesopotâmios, em particular sua capacidade de resolver diversos tipos de equações, sem, contudo, desenvolver uma metodologia geral.

A Geometria babilônica se reduzia à solução de problemas práticos de algumas figuras planas, mas raramente de sólidos. Os problemas consistiam, geralmente, de cálculos de áreas e dimensões de figuras (quadrados, retângulo, trapézios, triângulos, círculos) e de volumes (cilindros, prismas, pirâmides, cones). Conheciam o triângulo isósceles, e eram cientes, ao contrário dos egípcios, da relação entre os lados de um triângulo retângulo (Teorema de Pitágoras). A geometria do círculo era rudimentar; a circunferência do círculo era obtida multiplicando o diâmetro por 3. O valor mais exato do *pi* (ð) a que chegaram os babilônios teria sido de 3,125, valor inferior ao que calcularam os egípcios.

Em Matemática, os mesopotâmios foram capazes de desenvolver técnicas para resolver problemas específicos de seu cotidiano, de acordo com seu espírito prático. As tábuas se referiam a problemas, mas nunca à teoria; as tábuas ensinavam o resultado da operação, mas não a raciocinar, a compreender. As tábuas, que tinham sido passadas de geração em geração, sempre produziam a resposta correta, e assim não havia preocupação em examinar ou questionar a lógica subjacente daquelas equações. O importante era que os cálculos satisfizessem; por que davam certo era irrelevante, como explicou Singh em *O Último Teorema de Fermat*. O aprendizado se fazia

por indução, por experimentação. Desta forma, os babilônios não criaram um sistema logicamente formal, não estabeleceram princípios, postulados ou premissas, não desenvolveram uma metodologia. A Matemática era, fundamentalmente, uma técnica para cálculos, sem qualquer outra preocupação intelectual.

1.1.2.2 ASTRONOMIA - Acreditavam os mesopotâmios que o posicionamento dos corpos celestes era obra dos deuses, o que influenciava e determinava os acontecimentos terrenos, atuais e futuros. A observação sistemática da abóbada celeste, a cargo dos sacerdotes, era uma consequência desse interesse em perscrutar os desígnios das divindades, mas também em registrar a disposição dos astros, de forma a fixar calendário, pelo qual o povo poderia ajustar sua agricultura e preparar os festejos religiosos em homenagem às divindades. A observação sistemática serviu para a acumulação de dados, úteis para antecipar movimentos planetários futuros, mas não levou os babilônios a formular qualquer teoria relativa aos planetas.

A observação astronômica foi decisiva para a fixação do calendário, que inicialmente era lunar (uma série regular de meses de número inteiro de dias, de acordo com o ciclo lunar); posteriormente, houve a necessidade, por motivo das safras agrícolas, dependentes das estações do ano, ou seja, do movimento solar, de fundir o Calendário lunar com um calendário que refletisse o período de um ano, que pensavam ser de 360 dias. Desde então, o Calendário lunissolar anual foi fixado em 12 meses de 29 e 30 dias, alternadamente, com um total de 354 dias. No fim de três anos, havia um atraso, com relação ao ano solar, de cerca de 33 dias, que era corrigido com a inserção de um 13° mês, por decreto real. Deve-se ter presente, contudo, não ter sido o Calendário o principal ou o único motivo para a observação dos astros, mas a própria crença na sua influência, como verdadeiras divindades, no destino do Homem. A Astrolatria levou necessariamente à Astrologia.

Como explica Verdet, foi preciso preparar tabelas de movimentos diários da Lua e do Sol, determinar a última visibilidade seguinte do crescente lunar, e, por esse motivo, determinar também o meio do período de invisibilidade, ou seja, o momento da conjunção do Sol e da Lua. Com tais dados disponíveis, poderiam os sacerdotes-astrônomos saber da ocorrência de eclipse lunar, tanto mais que acontecem sempre por volta do meio do mês civil e no momento em que a Lua corta a eclíptica, região objeto de constante observação. Quanto ao eclipse solar, apenas sua possibilidade, ou não, de

ocorrer, mas ainda sem saber onde seria visível, uma vez que era insuficiente, e até inexistente, o conhecimento babilônico da distância da Terra ao Sol e à Lua, e de suas dimensões relativas.

Se bem que utilizassem a Matemática em suas observações sistemáticas, tanto mais que se tratava de uma Astronomia de posição, não foram capazes os babilônios de dar um caráter científico ao trabalho realizado. A acumulação de dados se limitava a determinar a influência dos astros sobre as atividades humanas e a Natureza, sem interesse de entender a abóbada celeste. Não houve tentativa, nem intenção de buscar uma explicação teórica para os fenômenos físicos e meteorológicos.

Na falta desse espírito investigativo, a observação era guiada por uma fértil imaginação, situação que não poderia conduzir à Astronomia. Os instrumentos de observação usados pelos astrônomos babilônicos eram aqueles utilizados em toda a Antiguidade: o gnômon, a esfera armilar, os relógios de água, os círculos e meios círculos, para se conhecer as distâncias dos corpos celestes acima do horizonte e ao longo da eclíptica.

O conhecimento astronômico resumia-se a alguns pontos: i) orientação segundo os pontos cardeais; ii) determinação da posição dos astros sobre a esfera celeste, tomando como plano de referência a eclíptica (trajetória percorrida pelo Sol em um ano na esfera celeste); iii) descoberta de astros cuja posição é fixa (estrelas); seu agrupamento constituía as constelações (52), sendo 12 na eclíptica (constelações zodiacais). Vários catálogos de estrelas foram preparados; iv) estudo do movimento do Sol e da Lua, sendo que a observação do movimento relativo da Lua permitia a elaboração do Calendário lunar; v) reconhecimento do movimento errático dos planetas em relação às estrelas; vi) predição dos eclipses do Sol e da Lua, por sua periodicidade; vii) elaboração de tabelas com as fases da Lua e seus movimentos diurnos; viii) a posição relativa do Sol e dos planetas era conhecida; ix) eram identificados cinco planetas: Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, cujas órbitas, próximas à elíptica, eram observadas.

1.1.2.3 MEDICINA – A prática da Medicina já estava regulamentada no Código de Hamurabi, gozando os médicos de prestígio na Sociedade mesopotâmica. A crença na origem divina das doenças não significava que não se devesse buscar a cura do paciente. Intervinham nesse processo tanto o sacerdote, o exorcista, quanto o curandeiro, o médico. Como as doenças eram tidas como criação dos deuses, os remédios agiam como paliativos, mas os

médicos atuavam como apaziguadores da ira da divindade. Os exorcistas e os médicos utilizavam a adivinhação para compreender as razões misteriosas da doença e para ter uma orientação dos métodos de tratamento mais apropriados. O tratamento era influenciado pelos números mágicos que, por seu poder misterioso, dariam maior efeito ao remédio. Os números 3 e 7 (e seus múltiplos) eram os favoritos. Drogas a partir de ervas eram receitadas; na preparação de poções era usual convocar a presença de uma criança ou de uma virgem, cuja pureza ou inocência poderia influenciar a mistura dos ingredientes.

Pouco sabiam os mesopotâmios de Anatomia humana; o fígado era tido como sede das emoções e da própria vida, e o coração, do intelecto. Em comparação com o Egito, nenhuma operação de vulto era praticada. Neste campo, como em outros, os esforços dos médicos se limitavam a procurar debelar o mal que afligia o doente, sem jamais procurar conhecer o corpo humano e o funcionamento dos diversos órgãos. Sem qualquer base científica, o tratamento dos pacientes era totalmente inadequado, precário e irrelevante.

Em conclusão, a civilização babilônica atingiu, em pouco mais de 4 mil anos, um nível de desenvolvimento técnico bastante elevado e significativo para a época, fruto de um longo e lento processo cumulativo de experiência. Preocupados e interessados apenas em agradar e interpretar os desígnios divinos, limitavam-se os babilônios a compilar as observações efetuadas, particularmente dos corpos celestes, sem outra intenção que a de registrar os sinais enviados pelos deuses.

A crença de que o conhecimento seria privativo da divindade impediria o surgimento de um espírito de dúvida, de curiosidade, investigativo. Na ausência de tal espírito, é compreensível que não tenham criado os mesopotâmios qualquer ramo da Ciência. Técnicas de contagem, observações astronômicas e preparação de poções não seriam suficientes, nem direcionadas para a criação da Matemática, da Astronomia e da Biologia, pela falta de formulação teórica e de pesquisa.

1.2 EGITO

É usual iniciar um estudo sobre a civilização egípcia pela geografia física da região. Monografias e trabalhos específicos enfatizam a importância do rio Nilo como fator preponderante no desenvolvimento de uma cultura local desde o Período Neolítico. O Egito – fruto da geografia e o Egito – um dom do Nilo – são corretas apreciações de uma realidade histórico-geográfica. O

microclima e o isolamento natural do vale, pela proteção dos desertos, são fatores igualmente importantes que explicam o aparecimento de núcleos populacionais ao longo do grande rio. Essa população egípcia originou-se de uma variedade de povos que, desde os Tempos Pré-Históricos, habitavam a região, vindos da África do Norte e da Ásia ocidental em busca de melhores condições ambientais, e que desenvolveram características étnicas próprias. Contingentes de líbios, hamitas, neolíticos semitas e paleolíticos aborígenes foram os principais formadores da raça egípcia, que, já na época Tinita (cerca de 5000 anos atrás), se distinguia de seus vizinhos líbios e núbios.

Assim, o surgimento de condições de vida humana e de desenvolvimento cultural no Egito foi devido a um conjunto de fatores excepcionais, ligados à água. O vale do Nilo, que abrange uma área de 25 mil km², com uma extensão de 850 km (da 1ª Catarata ao Mediterrâneo), se limita a Leste, a Oeste e ao Sul com enormes regiões desérticas, inóspitas, impróprias para atividades econômicas intensivas. O regime do Nilo, cujas enchentes coincidiam com o período mais quente do ano (julho-outubro), beneficiava o vale com uma grande quantidade de lodo fértil, trazido desde a Etiópia, o que permitia a renovação anual do solo. Ao mesmo tempo, e desde o fim do último Período Glacial, o clima mais temperado favoreceu o crescimento da fauna e flora locais, que serviram de meio de subsistência para uma crescente população, inicialmente caçadora-coletora. Tornada insuficiente para a demanda alimentar, a caça deixaria de ser a principal atividade daquela população nômade, com a introdução do trigo e da cevada por volta de 7000 anos atrás, provenientes do Oriente Médio.

1.2.1 Antecedentes Históricos

A agricultura se desenvolveu rapidamente no vale do Nilo, graças à fertilidade do solo, às novas técnicas agrícolas (irrigação, arado puxado por dois bois) e às boas colheitas (três ao ano). A população, agora sedentária, fixou-se ao longo do Nilo em pequenas comunidades rurais, onde desenvolveram sua principal atividade econômica. Os egípcios não trabalhavam a terra árida, limitando-se a agricultura às margens do Nilo. Além do trigo e da cevada, cultivavam, ainda, leguminosas, cebola, frutas (uva, figo, tâmara), criavam animais para leite e corte. Região fértil e de fartas safras, o excedente alimentar representou um formidável acúmulo de riqueza que propiciou novas atividades mais diversificadas e desenvolvimento

econômico. O Egito chegou a ser considerado o grande celeiro da Antiguidade. A agricultura foi a grande marca, a principal atividade, a característica maior da civilização egípcia. Diferente das civilizações urbanas da Grécia e de Roma, a egípcia foi rural[20]. Determinante da personalidade disciplinada, prática e submissa do camponês, o caráter rural de sua população explica seu comportamento diante do poder central e absoluto do Faraó, o rei-deus.

Na origem da civilização egípcia se encontra a cultura neolítica introduzida na região a partir do quarto milênio, quando surgiu a necessidade de coordenar atividades num esforço coletivo, e de desenvolver técnicas apropriadas para enfrentar os problemas e as dificuldades da vida cotidiana. Os principais fatores que atuaram na formação dessa civilização foram os limites impostos pela Natureza às necessidades humanas e aos meios sociais e tecnológicos para enfrentar os desafios naturais[21]. Nesse processo de formação da civilização egípcia, foram marcos fundamentais a aquisição da técnica da escrita, inicialmente com ideogramas, e, depois, hieroglífica, a configuração concomitante dos principais ritos e crenças e a modelagem da língua egípcia. Todas essas aquisições datam do Período Pré-Dinástico, ou seja, da fase conhecida como Gerzeana (3300 a.C.-3100 a.C.), o que vale dizer ter havido contactos com o Oriente Médio, em especial com os mesopotâmios, e ondas migratórias de regiões vizinhas, e, até mesmo, mais distantes, como a Etiópia e a Arábia. Desses contatos a cultura egípcia recebeu, principalmente, a influência da Mesopotâmia, em sua fase chamada Gerzeana[22]. A partir da unificação dos dois Reinos em um Império, o antigo Egito viveria num isolamento cultural[23], apesar de superficiais contactos eventuais com outros povos, na maioria das vezes de um nível cultural inferior. O Egito, no dizer de Colin Ronan, era um universo autossuficiente: tinha seus deuses independentes e seu modo de vida especial.

1.2.2 Considerações Gerais

A História do Egito cobre um período de cerca de 3 mil anos, desde seu de formação, Gerzeano – de 3300 a 3100 – até sua decadência e dominação,

[20] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*
[21] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*
[22] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*
[23] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

com a conquista, pelos persas de Cambises, no século VI (525); por Alexandre, em 332; e, finalmente, pelos romanos, em 31, quando, após a Batalha de Ácio, incorporou o Egito como colônia do Império Romano. O Egito antigo, que no Período Pré-Dinástico era dividido em dois Reinos (Baixo Egito e Alto Egito), seria unificado por Menés, em 3100, quando fundou a capital do Império, Mênfis; trinta e uma dinastias governariam o Império até sua conquista por Alexandre, seguindo-se mais duas dinastias (macedônia e ptolomaica) até sua incorporação a Roma. Exceto por dois períodos de instabilidade, o Egito manteve-se unificado por mais de dois mil anos.

A evolução da civilização egípcia é dependente da teocracia imposta pelos Faraós e pela casta sacerdotal, cujo relacionamento se transformou em verdadeira rivalidade, após o fortalecimento do poder do Sumo Sacerdote de Amon Ra. Acreditavam os egípcios na vida após a morte, pelo que a passagem transitória por este mundo era preparatória para a imortalidade futura. Sua visão era de uma realidade estática, imutável, fixa, desde o momento da criação; a mudança possível seria cíclica, mas as fases do ciclo seriam imutáveis. Seu interesse primordial estava num mundo que não era o terreno; suas vistas estavam sempre voltadas para um futuro, além da morte, venturoso e eterno. Todos esses elementos são fundamentais na formação do espírito prático do egípcio. Guiado por uma imaginação e uma observação impossibilitadas de reverter ou alterar uma realidade imposta e imutável, o egípcio antigo foi incapaz de desenvolver um espírito crítico, analítico, especulativo, inventivo. A falta de um espírito investigativo e inovador limitaria, na realidade, o egípcio ao campo técnico, onde seria bastante realizador, e determinaria um ritmo evolutivo mais lento que em outras sociedades.

Maurice Daumas observou que tudo já estava adquirido desde o Antigo Império, isto é, desde o início de sua História, a Técnica marcaria passo; ela se modificaria e aperfeiçoaria o estado das Artes e ofícios, mas não se inventaria praticamente nada. O estado social e a estrutura religiosa, conservadores por excelência, permitiriam manter apenas o impulso inicial, de forma a manter, por três milênios, o mesmo conjunto de procedimentos técnicos[24]. Na ausência de conhecimento teórico, o valor dos construtores egípcios estava alicerçado em sólida experiência prática e num instinto para a Engenharia estrutural. As técnicas utilizadas na construção do grande templo

[24] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*

em Karnak, por volta de 1370, não foram muito diferentes das usadas na época de Quéops, cerca de treze séculos antes.

Como em todas as civilizações antigas, as atividades de transformação se circunscreveram ao artesanato em cerâmica, tecelagem, ourivesaria, vidraçaria, metais, couro, madeira. As habitações e moradias eram de tijolo. Os palácios, os templos e os grandes monumentos eram construídos em pedra, como testemunho da grandeza dos deuses e do Faraó. De uma planta comum do Nilo, o papiro, fabricaram os egípcios uma espécie de papel que serviu para registrar sua escrita hieroglífica. As Artes, principalmente a Arquitetura, a Escultura e a Pintura, se desenvolveram como técnicas, conforme atestam os monumentos de pedra (Luxor, Karnak, Menon, obeliscos), os murais e pequenos objetos decorativos nos túmulos encontrados nos Vales dos Reis e das Rainhas, sem, contudo, ter havido evolução no conceito ou na percepção da estética. As figuras são rígidas, estáticas, paradas, frontais.

A Sociedade egípcia antiga se caracterizou, em resumo, por seu caráter teocrático, rural, conservador, hierarquizado. Tais condições estabeleceriam o lento ritmo de desenvolvimento cultural, baseado na acumulação de experiência técnica. Isolada e imune a influências externas, a Sociedade egípcia manteve intactas suas prioridades individuais e coletivas, ao longo dos milênios, sem atentar para a necessidade ou conveniência de evolução no campo mental e intelectual. A falta de interesse, ou mesmo a oposição, das elites que detinham o poder político, religioso, cultural e econômico, em alterar as bases em que se assentava a Sociedade explica o quase-imobilismo, a relativa estagnação, o lento progresso, presentes no curso da História da civilização egípcia. O conhecimento das coisas estava além da capacidade e percepção humanas, interditado aos mortais, por ser privativo da divindade; desnecessário e irrelevante para o povo, o conhecimento era, na realidade, monopólio da elite governante, como na Mesopotâmia. O desperdício de recursos foi extraordinário. Reuniram-se recursos colossais de mão-de-obra apenas para construir os maiores túmulos que o mundo já viu. Empregou-se uma Arte de qualidade refinada apenas para construir túmulos. Uma elite instruída, utilizando um material conveniente de escrita, não legou à Humanidade nenhuma grande ideia filosófica ou religiosa. É difícil não perceber, continua o já citado J. M. Roberts[25], uma esterilidade fundamental, um vazio, no âmago desse brilhante *tour de force*. Tais características expunham a fragilidade da civilização egípcia,

[25] ROBERTS, J. M. *História do Mundo.*

que, uma vez anexada a Roma, desapareceu sem deixar muitos vestígios, além dos formidáveis monumentos. Sua influência em outras culturas foi ínfima, e sua contribuição para a Ciência universal, modesta, insignificante[26].

1.2.3 A Técnica na Cultura Egípcia

Em consequência de todas essas características, não se desenvolveram, na antiga cultura egípcia, o espírito crítico, abstrato, inquisitivo, investigativo, especulativo, e a reflexão filosófica, capazes de gerar o conhecimento científico. Em tais circunstâncias, há um conhecimento empírico, fruto de observação e longa experiência, sem qualquer embasamento teórico. Como escreveu Abel Rey, citado por René Taton[27], a Ciência egípcia se distingue daquela que floresceu na Grécia no século V pela falta de teoria e desprovida de toda metafísica. Ela não é mais que uma Técnica. Há um conhecimento prático em diversas áreas, como dos números, contas e cálculos, dos corpos celestes, dos animais e plantas, da cura de algumas doenças e da mumificação, sem haver, contudo, Matemática, Astronomia, Botânica, Zoologia, Biologia. Há uma técnica de cálculo, como também de mumificação e de observação dos astros, mas a falta de um verdadeiro espírito científico impediria o surgimento das respectivas ciências.

Os textos preservados (papiros) se limitavam a soluções de problemas, sem nenhuma teorização. Como na antiga Mesopotâmia, a preocupação era meramente prática, de como solucionar determinadas questões de interesse particular, mas não a de ensinar a raciocinar ou a de entender os fenômenos da Natureza. Ao final de três mil anos de civilização, os egípcios continuavam a praticar a mumificação sem avançar no estudo da Anatomia ou da Fisiologia; a observar a abóbada celeste sem especular sobre o movimento dos astros; a lidar com doenças sem atinar com seu diagnóstico. Inatingível para os seres humanos, e estando tudo e todos sujeitos aos desígnios da divindade, era o acesso ao conhecimento absolutamente proibido, fora do círculo de uns poucos privilegiados; a observação astronômica, por exemplo, era reservada aos sacerdotes. O conhecimento empírico adquirido ao longo dos séculos se constituiria, assim, no repositório das observações e experiências acumuladas nas diversas áreas da atividade humana.

---

[26] MEULEAU, Maurice; PIETRI, Luce. *Le Monde et son Histoire.*
[27] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

Se as grandes efemérides da História egípcia estão descritas ou desenhadas nos monumentos, túmulos e ruínas, relativamente pouco foi preservado sobre o conhecimento nas diversas disciplinas, dado que o papiro não é um material muito resistente ao tempo e ao manuseio. O material descoberto, desde meados do século XIX, tem sido a principal fonte para o conhecimento do nível a que chegou a Técnica no Egito antigo.

Deve ser salientado que a cidade de Alexandria, no delta do Nilo, grande centro comercial e cultural (Museu e Biblioteca) no Período Ptolomaico, não foi parte da cultura egípcia, mas cidade grega, inserida no mundo helênico. A força da tradição e a resistência a uma cultura forânea impediriam os egípcios de se beneficiarem dos estudos e investigações da civilização grega.

1.2.3.1 MATEMÁTICA - A Matemática egípcia era basicamente uma aritmética prática, voltada para apresentar resposta a problemas. A pesquisa dos princípios matemáticos era desprezível; não havia uma teoria básica da Matemática, nem um sistema teórico de Geometria. Muito poucos documentos matemáticos (papiros) foram recuperados até hoje: 1) Papiro Rhind, escrito por Ahmes, por volta de 1650, mas adquirido pelo escocês Henry Rhind, em 1858, em Luxor, e desde 1864 no Museu Britânico. Trata-se da principal fonte da Matemática egípcia, no formato de um longo rolo de 5,50 m por 33 cm com duas tabelas numéricas, 87 problemas redigidos em escrita hierática sobre Aritmética, Geometria, Estereometria e da vida prática; 2) Papiro de Moscou, desde 1912 no Museu de Belas Artes de Moscou. Redigido por volta de 1850, contém 25 problemas da vida prática; não se encontraria em bom estado de conservação e de leitura o rolo de 8 cm por 5,50 m; 3) rolo de couro, de 43 cm por 26 cm, adquirido em 1858, em Luxor, por Henry Rhind, e no Museu Britânico desde 1858. Redigido em dois exemplares, contém uma tabela de 26 quocientes expressos em soma de frações unitárias; 4) Papiro de Kahun, descoberto por W.M. F. Petrie, em 1889, contém 6 fragmentos, dos quais apenas 3 estão claramente explicitados; 5) Papiro de Berlim, de quatro rolos, em mau estado de conservação, foi descoberto, em 1904, por G. Reisner. Redigido por volta de 1880, o documento media, originariamente, 3,50 m por 30 cm, e se refere à Estereometria ou cálculo de volume dos sólidos[28]. A numeração egípcia era decimal, mas se escrevia de forma diferente quando se utilizava o sistema hieroglífico (aditivo, repetitivo,

[28] DUVILLIE. *Bernard. L'Émergence des Mathématiques.*

não-posicional) ou os escritos hieráticos e demóticos (mais simples); na escrita hieroglífica, os números de 1 a 9 eram representados por tantos traços verticais quantas as unidades representadas. A ordem da disposição dos símbolos não era importante; de modo geral, a escrita se fazia da direita para a esquerda e do alto para baixo. Não conheciam o zero. As quatro operações aritméticas eram do domínio dos egípcios, porém não se conhece o método utilizado para a soma e a subtração; tanto a multiplicação quanto a divisão eram efetuadas pelo sistema das duplicações sucessivas. Quanto ao sistema de cálculo e representação das frações, todas, com exceção da fração 2/3, deveriam ter o numerador igual à unidade (1/2, 1/3, 1/4, 1/5, e assim, sucessivamente). Sabiam extrair a raiz quadrada e conheciam as progressões aritmética e geométrica. A Álgebra aparece nos papiros Rhind e de Berlim com problemas práticos que correspondem a equações do primeiro e do segundo graus[29]. Os papiros Rhind e de Moscou apresentam uma série de problemas de cálculo geométrico para áreas e volume, inclusive para pirâmides. A sugestão de alguns de que os egípcios conheceriam o valor de *pi* (ð), isto é, a razão entre a circunferência e seu diâmetro, é rejeitada pela grande maioria dos especialistas. O ponto comum dos problemas aritméticos ou geométricos é a forma condensada das soluções apresentadas; a questão se resume a alguns números e operações, sem qualquer comentário. Assim, os problemas dos documentos matemáticos egípcios devem ser considerados como fórmulas para serem aplicadas na solução de problemas, e não como problemas com fórmulas[30].

1.2.3.2 ASTRONOMIA - Como a Matemática, a Astronomia estagnou num estágio bastante elementar, rudimentar. A inexistência de papiros sobre Astronomia dificulta um completo conhecimento dos avanços atingidos, que são deduzidos de inscrições e representações em monumentos funerários e alguns calendários que adornam certos sarcófagos do Novo Império. Para os egípcios, a Astronomia era a base utilitária necessária para a marcação do tempo, sem maior interesse em teorias sobre o Sol, a Lua e demais corpos celestes; identificavam os planetas Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, bem como algumas constelações e estrelas (Orion, Cassiopeia, Grande Ursa, Sirius). Segundo a mitologia egípcia, o deus Osíris, ao morrer, se transformou

---

[29] HORTA BARBOSA. *Luiz Hildebrando. História da Ciência4.*
[30] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

na constelação Orion. A falta de preocupações com a natureza do universo físico decorria do desinteresse dos sacerdotes-astrônomos em pesquisar as posições das estrelas, o movimento dos astros, a ocorrência de eclipses, em especular a respeito da sua natureza. Dedicavam-se ao mundo espiritual, e não ao físico. Não há menção alguma, em qualquer documento egípcio, sobre eclipse[31]. A Astronomia egípcia tem, na realidade, um caráter religioso e litúrgico, tanto que só aos sacerdotes cabia o privilégio de observar a abóbada celeste e extrair informações precisas que lhes permitissem fixar datas para as cerimônias religiosas e até as horas para a liturgia diária. As observações astronômicas tinham, assim, um objetivo prático, sem qualquer veleidade teórica, pelo que, segundo René Taton, não tem direito ao título de Ciência, pois o conceito científico deve apoiar-se sobre uma questão de método.

A Astronomia, ou melhor, a observação do Céu, combinada com as enchentes do Nilo, serviria, contudo, para a organização de um calendário de real valor para a Sociedade egípcia. A inundação anual do Nilo coincidia com o aparecimento, antes da alvorada, no horizonte oriental, de Sirius, a mais brilhante estrela; esse nascimento helíaco de Sirius serviria, no Período Pré-Dinástico, para marcar o início do ano, cuja duração, de 354 dias, se dividia em 12 meses de 29 ou 30 dias, vinculados, assim, às fases da Lua; um mês adicional era acrescentado a cada três ou dois anos. Os egípcios, quando sedentários e agricultores, abandonariam os cálculos baseados na Lua e passariam a se guiar pelo Sol, ou seja, pelas estações, período entre um solstício de verão (Hemisfério Norte) e o seguinte, que corresponde a 365 dias. Os 12 meses estavam agrupados em três estações – Inundação, Germinação dos Campos e Colheita – de 4 meses cada. Tal Calendário civil (solar) teria sido adotado entre 2937 e 2820; porém, após dois séculos, já acumulava um erro de 50 dias. Em vez de proceder à correção do erro, os egípcios criaram outro Calendário lunar para ser usado junto com o solar. Desta forma, por volta de 2600, três calendários estavam em uso: o lunar original, baseado no nascimento helíaco de Sirius, o civil ou solar, de 365 dias, e o novo lunar.

Os egípcios foram os primeiros a dividir o dia (período entre um nascer do Sol e outro) em dois períodos iguais de 12 horas, cuja duração foi uniformizada. A escolha das 12 horas noturnas corresponde ao movimento das estrelas pelo Céu, desde seu nascimento, à noite, até seu desaparecimento,

---

[31] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

pela manhã; as doze horas do dia correspondem às dez horas entre o nascer e o pôr-do-sol, mais uma para a alvorada e mais outra para o crepúsculo vespertino. Do exposto, depreende-se ser a observação dos astros e estrelas limitada à fixação de datas e horas para fins religiosos e agrícolas, sem qualquer outra pretensão. Durante o dia, as horas eram medidas pelo relógio do sol (ou da sombra), dispondo, ainda, os egípcios, de um relógio de água ou clepsidra.

A Astrologia era desconhecida no Egito Antigo, tendo sido divulgada e praticada apenas a partir do Período Helenístico. Os instrumentos usados pelos sacerdotes egípcios eram aqueles utilizados por outros povos na Antiguidade: o gnômon, os círculos e meios círculos, para se achar a distância dos corpos celestes acima do horizonte e ao longo da eclíptica, a esfera armilar e os relógios de água.

1.2.3.3 MEDICINA - Os principais papiros que tratam de Medicina são em número de quatro: o Papiro Ebers (XVIII dinastia), descoberto em 1875, é um repositório de receitas, inclusive com encantamentos por magos; o Papiro Kahun (XII dinastia), descoberto em 1898, é muito curto, preciso e sóbrio; o Papiro de Berlim (XIX dinastia), descoberto em 1909, relaciona uma série de receitas; o Papiro Smith (XVIII dinastia), descoberto em 1930, expõe alguns casos cirúrgicos.

Sabe-se, pelo Papiro médico Ebers, que existiam três espécies de práticos em Medicina: o *sinu* ou s*eunu*, que é o médico prático, com algum conhecimento empírico; o sacerdote, que, sob a inspiração da divindade, praticava uma medicina de caráter religioso (para os egípcios, e muitos outros povos da Antiguidade, a doença era de origem sobrenatural); e o feiticeiro ou mago, que se utilizava da magia para curar o paciente[32]. Apesar da prática milenar do embalsamamento, o conhecimento da Anatomia humana era elementar: desconheciam os rins e acreditavam ser o coração a sede do sangue, das lágrimas, do esperma e da urina. O tratamento médico se baseava em fórmulas mágicas, amuletos, poções, pomadas, ervas, num total empirismo que não contribuía para o desenvolvimento da pesquisa. A Farmacopeia utilizava substâncias vegetais (árvores e plantas domésticas, frutas, cereais e ervas comestíveis e perfumadas), animais (carnes, gorduras, leite, mel) e minerais (arsênico, cobre, alabastro, galena). A cirurgia, particularmente a

[32] RACHET, Guy & M.F. *Dictionnaire de la Civilisation Égyptienne.*

dentária (drenagem de abscessos, obturações), já era empregada desde a IV dinastia. Como em outros ofícios, a prática médica passava de pai para filho, sem haver escola de medicina, mas uma "casa da vida" onde o jovem prático podia adquirir conhecimento adicional. Como em outras culturas da época, os práticos de Medicina, principalmente os sacerdotes-médicos, gozavam de grande prestígio na comunidade, em geral, e na corte, em particular. O personagem mais ilustre, reverenciado como herói, é Imhotep, que, além de médico, teria sido, igualmente, astrônomo e arquiteto (construtor das primeiras pirâmides, em Saqqara).

1.2.3.4 QUÍMICA – O povo egípcio, como outros da Antiguidade, soube desenvolver e aperfeiçoar técnicas no aproveitamento de metais, resinas e óleos vegetais e animais. Ainda que o solo e subsolo fossem extremamente pobres em minérios, os egípcios foram capazes de trabalhar o ferro, provavelmente de origem de meteorito, desde 800 a.C., assim como o cobre, o bronze, o estanho e o chumbo, provenientes de regiões vizinhas. Os egípcios sabiam, ainda, fabricar objetos de vidro e de cerâmica, além de corantes, cosméticos e perfumes. A técnica da fermentação era conhecida, como atesta a fabricação da cerveja.

Muito pouco ou quase nada se sabe sobre o conhecimento dos egípcios antigos a respeito de outras disciplinas, como Mineralogia, Botânica, Zoologia e Física, apesar de que em suas atividades diárias deverão ter tido oportunidades de atentar para as particularidades e as qualidades dos objetos, materiais, elementos e seres sob observação. Não há documentos, nem papiros a respeito desses assuntos, inclusive sobre a fabricação de perfumes, corantes, cosméticos, e metalurgia.

Em conclusão, o Egito antigo foi, antes de tudo, uma teocracia hierarquizada, na qual a religião dominava todas as facetas de uma vida terrena, transitória, para a preparação da vida após a morte. Todos os recursos materiais e intelectuais estavam a serviço do Faraó; a casta sacerdotal monopolizava o conhecimento. O trabalho manual era o único permitido a uma população dominada pelos preconceitos e superstições. A técnica adquirida resultara de laboriosa acumulação de experiência, sem qualquer teorização. A pesquisa e a análise não eram usadas, ou conhecidas; a observação, superficial, era inconsequente, e o conhecimento, empírico. Esse ambiente hostil à reflexão não foi conducente à criação científica. A numeração, a Aritmética e a Geometria permaneceram rudimentares; a observação da

abóbada celeste serviu para criar calendário e fixar datas para festejos religiosos; a cura de doenças, de origem sobrenatural, dependia de uma Medicina primitiva, exercida por magos, sacerdotes e práticos.

Do ponto de vista da História da Ciência, a contribuição da civilização egípcia foi inexpressiva, bastante modesta, se bem que tenham sido incontestáveis os avanços no campo da Técnica.

1.3 CHINA

A civilização chinesa, que emergiu diretamente da cultura Neolítica, é a de mais longa duração, com mais de 3500 anos. A continuidade cultural foi assegurada pelo idioma, que evoluiu gradualmente, nos últimos três milênios, e pela preservação da escrita. Outro fator importante foi a homogeneidade étnica, com mais de 90% do grupo Han; ameaçados com invasões e incursões dos povos bárbaros vizinhos, os chineses criariam uma consciência de sua identidade e de sua superioridade cultural.

Apesar das mudanças ocorridas ao longo dos séculos, desde a Antiguidade até os tempos atuais, certos traços característicos persistiram, resistindo a diferentes regimes e a culturas estrangeiras. Ao contrário de outras, a cultura chinesa se manteve, cerca de quatro mil anos, independente, atuante e ciosa de suas conquistas, com características bem distintas das de outras civilizações. Culturalmente superior às demais culturas asiáticas, a chinesa influenciaria profundamente os povos do Japão, Coreia, Mongólia, Vietnã, Tibet, tendo, por seu turno, recebido conhecimentos tópicos, disciplinares (exceção do Budismo), de algumas civilizações como a hindu e a árabe.

A China se mostrou sempre avessa aos povos e às culturas alienígenas, considerando-os bárbaros. A Grande Muralha é um exemplo desse temor à barbárie dos vizinhos. Protegida por montanhas e desertos, distante de outros grandes centros culturais, como a Índia, a Mesopotâmia, a Grécia e Roma, a civilização chinesa se desenvolveu isolada, por muito tempo sem contacto cultural constante e profícuo com outros povos; a China se manteria distante e inacessível às transformações e ao desenvolvimento cultural em outras regiões. O intercâmbio comercial, através da Rota da Seda, além de reduzido, não propiciou conhecimento recíproco. Foram tão raros, superficiais e aleatórios os contactos com o exterior, que o relato de Marco Polo (século XIII) sobre aquele Império causou verdadeira sensação na Europa.

Condições geográficas, climáticas e ambientais favoráveis fixaram o Homem, nos Períodos Paleolítico e Mesolítico, na região do vale do rio Amarelo (Huang), no Norte e Noroeste da China. Poucos vestígios foram encontrados dessas remotas épocas. Apesar da falta da escrita e de incertezas cronológicas, há evidências de uma cultura neolítica há cerca de 7 mil anos, com a prática da agricultura (painço, milhete, trigo, arroz); a domesticação de alguns animais, como o cachorro, o bode, a cabra, o boi, o porco, o búfalo; a fabricação de vasos e outros utensílios de cerâmica, úteis para o transporte de água e a armazenagem de alimentos; o trabalho em couro e pele, o preparo de vestimentas, a produção da seda, o uso do jade, do marfim, do osso e da madeira, e o surgimento de vilarejos ou aldeias agrícolas. Pouco se sabe das crenças religiosas e da estrutura social desses povos. Duas principais culturas neolíticas são citadas pelos especialistas: a Yangshao (de 7000 a 5000 anos atrás), cuja cerâmica era pintada com desenhos geométricos e de peixes e animais, e a Lungshan (7000 a 4200 anos atrás), com uma cerâmica de melhor qualidade, negra- brilhante, graças à utilização de fornos de alta temperatura.

A Literatura chinesa menciona uma semimitológica dinastia Xia (séculos XXIII - XVIII), no Período Proto-Histórico, mas a comprovação de sua existência tem escapado aos pesquisadores até agora.

1.3.1 Considerações Gerais

Foi invadida a China ao longo de sua história semimitológica por tártaros, hunos, mongóis, manchus, japoneses; abrigou um grande número de minorias em seu território; manteve-se isolada de outros grandes centros de civilização e refratária a contactos e influências estrangeiras; sofreu agressões de potências ocidentais e outras interessadas em conquistar o mercado chinês; contudo, a China foi capaz de aumentar sua área geográfica, incrementar substancialmente sua população, preservar a unidade da escrita, desenvolver uma grande capacidade técnica e inventiva, criar uma sofisticada e refinada Arte (Literatura, Pintura, Teatro, Caligrafia), promover o artesanato, estabelecer uma eficiente administração pública, através do Mandarinato, conservar um pensamento filosófico-religioso todo particular, baseado na Natureza, com o culto principal do Céu e da Terra, e rejeição – ou falta de crença – de toda espécie de divindade pessoal. A agricultura se manteve durante toda a história chinesa como a principal atividade econômica, absorvendo elevado percentual da população.

A continuidade da cultura chinesa se manteve, assim, por um extenso período de tempo, o que a torna uma das mais antigas, com suas características vigentes até hoje. Durante todo o Período Imperial, de quase quatro mil anos, o sistema social e o regime político não se alteraram, apesar de rebeliões, insurreições, revoltas, invasões e golpes de Estado para mudanças dinásticas ou de governantes.

Para efeitos de exame da civilização chinesa, e com o propósito de permitir uma comparação de sua evolução com outras no mesmo Período Histórico, os Períodos chamados de Antigo (de 1765 a 500), desde a formação do Estado chinês, com a dinastia Shang (1765), até o surgimento das grandes Escolas filosóficas, e Clássico (de 500 até 226 d.C.), serão examinados em conjunto, uma vez que permite, assim, melhor compreensão dos avanços técnicos e teóricos ocorridos nessa fase de formação e consolidação da cultura chinesa, ao mesmo tempo em que antecipa sua nítida diferença em relação à contemporânea Antiguidade Clássica greco-romana.

1.3.2 Condicionantes Filosóficos e Religiosos

A evolução da civilização chinesa foi dependente de duas condicionantes principais. A primeira, a fetichista-astrolátrica, seria conservada e desenvolvida durante toda a sua história, inclusive cultuada pelo Confucionismo e pelo Taoísmo. Por todo o território, centenas de templos foram consagrados ao Céu e à Terra; altares foram dedicados aos planetas, ao Sol, à Lua, aos rios, às montanhas; daí o profundo amor e respeito do povo chinês à Natureza, postura lógica e consequente desse panteísmo; supersticiosos, eram os chineses dados à pratica da adivinhação e da consulta aos oráculos.

O culto fetichista-astrolátrico era oficial, prestigiado pelo Imperador e por toda a classe governante, inclusive o próprio Monarca celebrando certas cerimônias especiais. A legalidade da dinastia imperial e de seu sucesso e permanência no poder eram decorrentes de um mandato celestial, outorgado pela mais importante divindade, Tien (Céu). O fetichismo, tão forte na tradição e tão presente nas atividades diárias e na realidade nacional, se impôs de tal forma no pensamento filosófico chinês que as diversas Escolas (exceção a cética) procuraram conviver com ele, adequando-se a um culto de aceitação generalizada, tanto no nível popular quanto no da esfera governamental e da elite intelectual.

O fetichismo moldou o pensamento, a atitude, a mentalidade, o comportamento e o espírito do povo, constituindo-se em uma condicionante básica do processo evolutivo da civilização chinesa. Sem a necessária capacidade de abstração, requerida para o desenvolvimento de um espírito científico, o avanço nesse campo foi limitado e elementar, fruto de uma primeira evolução espontânea do espírito humano[33].

A segunda condicionante é o Confucionismo, erigido em ideologia oficial do Estado desde a dinastia Chou. Conjunto de preceitos, regras e rituais sociais desenvolvidos por Confúcio (551-479), inclusive para o culto e os sacrifícios religiosos, o Confucionismo é, na realidade, um corpo de doutrina que pretende estabelecer regras de conduta social e humanizar o indivíduo; as qualidades morais são a humanidade, o sentido de dever, a cortesia e o conhecimento; prega, ainda, o Confucionismo, a harmonia e a justiça nas relações humanas, o respeito ao indivíduo e à Natureza, os valores familiares, o culto aos ancestrais. O Confucionismo pretende, também, formar cidadãos, e considera que a virtude é a fonte do poder e fruto do esforço pessoal, e não da nobreza dos antepassados; sustenta a obrigação imperial de bem tratar seus súditos, com justiça e humanidade, e de o povo ser obediente, leal e submisso ao Imperador.

O desvio no cumprimento do exercício do poder justifica a substituição da dinastia reinante por outra. O Estado, por se preocupar com o bem geral, deve ser gerido de forma eficiente, honesta; para tanto, é necessário um serviço público (burocracia) constituído e selecionado pelo mérito. A prioridade deve ser a dos problemas humanos e sociais, de modo a se alcançar a harmonia com o Universo, com a Natureza, com Tao (Ordem do Mundo, o Caminho). O Confucionismo não se opunha à religião popular, e, até mesmo, colaborou nos rituais e cerimônias religiosas, mas seus ensinamentos estavam dirigidos ao Imperador, à aristocracia, à classe governante.

A Filosofia, ao enaltecer o passado e ao apresentá-lo como um exemplo a ser seguido, tinha um viés conservador, de imobilismo, de preservação do *status quo*, que será determinante na vida chinesa. A concepção científica e experimental não combinava com a ética confuciana, que, no entanto, favoreceu uma atitude pragmática, voltada para as realizações práticas. O Confucionismo teria em Mêncio (segunda metade do século IV) e Xunzi (298-235), dois grandes seguidores e formuladores.

[33] LAFITTE, Pierre. *Considérations Générales sur la Civilisaton Chinoise.*

Além dessas duas condicionantes principais (fetichismo-astrolátrico e Confucionismo), outra Filosofia seria bastante influente na formação do pensamento chinês. O Taoísmo, criado por Lao Tse (século VI antes da Era cristã), se baseia em *O Livro do Tao e do Te*, sendo Tao a Ordem do Mundo e Te a Força Vital. O Taoísmo implica passividade, não-ação; o Estado ideal seria a pequena comunidade, cujo líder deveria ser um filósofo. Ao incorporar elementos de magia, crendices e feitiçaria, de tempos mais antigos, mas enraizadas na cultura popular, o Taoísmo se transformou numa religião de muitos adeptos, coexistindo com o ideal de ordem e harmonia do Confucionismo.

O Budismo, que chegou à China no século II da Era cristã, adaptou-se aos traços culturais locais, alcançando, em determinados Períodos da História chinesa, popularidade, influenciando o modo de vida da população. O Budismo, porém, nunca foi aceito nas esferas governamentais de forma a influir no mundo oficial. Seus ensinamentos – de que o único objetivo da vida era alcançar o Nirvana, e que a renúncia ao mundo e à individualidade era meta essencial na consecução desse objetivo – não coincidiam com os preceitos da ideologia do Confucionismo.

Embora as principais condicionantes da civilização chinesa já fossem atuantes e decisivas, deve-se ter presente, no entanto, que alguns filósofos procuraram imprimir, sem sucesso, nova orientação ao pensamento oficial; nesse sentido, três Escolas podem ser mencionadas.

Os Moístas (Escola fundada por Mo Ti – século V a.C.) se interessaram em estudar como a mente humana trabalhava para ordenar fatos observados, bem como as questões de causa e efeito, alcançando, assim, os dois processos do raciocínio: o dedutivo (do geral ao particular) e o indutivo (do particular ao geral). Estudaram os Moístas, igualmente, lógica básica, e favoreceram a Ciência experimental.

A Escola Legalista (século IV a.C.) acusava o Confucionismo de paternalista e defendia um Estado forte, com leis escritas; ao mesmo tempo, tratava todos os assuntos com grande precisão: quantificava em números todos os assuntos concebíveis, da largura de uma roda até a conduta humana, dos pesos e medidas até as emoções. A ideia da quantificação, pedra angular da Revolução científica europeia dos séculos XVI e XVII, foi, no entanto, definitivamente descartada na China com o insucesso político da doutrina e com a falta de apoio nos meios intelectuais.

Um movimento cético, de crítica e de descrédito contra a predição da sorte e as práticas supersticiosas, foi ativo no Período Han, sendo Wang

Chung Wang (27-97) seu maior expoente, por seu racionalismo e antifenomenalismo, mas que não teve seguidores, nem deixou marca expressiva no pensamento chinês[34].

1.3.3 O Pensamento Filosófico Chinês

Com esses antecedentes e influências, se formaria o pensamento filosófico e científico chinês, o qual foi sistematizado pelo filósofo e naturalista Tsu Yen (350-270), que conciliaria conceitos e ideias do Confucionismo, do Taoísmo, da antiga teoria das cinco fases da matéria e da numerologia[35].

Para explicar o Mundo natural – vasto organismo que funcionava de acordo com a interação do comportamento reto e natural – foi desenvolvida a teoria dos cinco elementos (ou princípios ativos): a água, o metal, a madeira, o fogo, a terra. Esses elementos seriam organizados num sistema cíclico, numa ordem em mútua conquista: a madeira conquista a terra (uma pá de madeira pode cavar a terra), o metal a madeira (o metal pode cortar e esculpir a madeira), o fogo o metal (o fogo pode fundir o metal), a água o fogo (a água pode extinguir o fogo), a terra a água (a terra pode represar a água). Os cinco elementos estavam associados a todas as experiências e atividades naturais e humanas: o tempo atmosférico, a posição das estrelas, os planetas, os pontos cardeais da bússola, as funções humanas, físicas e mentais, etc. A ordem da mútua conquista se aplicaria à Ciência, pois seria associada às estações e às manifestações do Mundo natural.

Outra ideia básica de explicação do Mundo natural é a das duas forças fundamentais: *Yin* e *Yang*; o *Yin* está associado a nuvens e à chuva, ao princípio feminino, a tudo que está dentro, que é frio e escuro; o *Yang* está ligado às ideias de calor e tepidez, luz do Sol, masculinidade. Não podem ser encontradas separadas, já que uma é complemento da outra. Os cinco elementos e as duas forças fundamentais auxiliariam a Ciência chinesa, pois tornariam possível que relacionamentos do Mundo natural fossem definidos e examinados.

Há cerca de 1800 anos, teria sido escrito o *I Ching* (*O Livro das Mutações*), compilação de profecias, histórias incomuns, relatos de acontecimentos extraordinários, que teria graves consequências no

---

34 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
35 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ci*ência.

desenvolvimento científico chinês. De mero registro, *I Ching* se transformou em livro de referência dos estudiosos dos fenômenos naturais. Interessados em entender, por exemplo, os problemas das marés e os efeitos do magnetismo, buscavam resposta no *Livro das Mutações*, que, com explicações pseudocientíficas, confundia e desorientava ainda mais o leitor. O verdadeiro perigo residia no fato de agir como esponja, absorvendo toda observação nova em busca de associações apropriadas para que os novos fatos pudessem ser classificados. Tratava-se, na realidade, de mera compilação, sem maior pretensão científica, cujo uso indevido das informações poderia ser prejudicial ao entendimento e compreensão do problema em estudo. Para o citado Colin Ronan, nenhuma outra civilização parece ter sofrido tanto por causa de um livro, por desencorajar observações e experimentos.

1.3.4 A Técnica na Cultura Chinesa

Poucos registros se conhecem dos primeiros tempos da civilização chinesa. Além de muitos documentos terem sido feitos em bambu, material perecível, deve-se mencionar a decisão do Imperador Shi Huang-ti, em 213 a.C., de destruir todos os registros com informações e ensinamentos sobre as realizações da cultura chinesa. Assim, ainda que alguns documentos tenham sido poupados, enquanto outros reconstituídos de memória, o material disponível não é suficiente, nem confiável, para se conhecer o exato nível de conhecimento alcançado nos primeiros séculos.

A civilização chinesa, pelo menos nos Períodos Antigo e Clássico, não deu nenhuma contribuição digna de nota ao desenvolvimento teórico da Ciência, relegando-a, na realidade, a um lugar secundário no cenário cultural. Não tendo sido criadas as condições para o nascimento de um espírito científico, o interesse em compreender os fenômenos naturais era extremamente reduzido, o que, por sua vez, restringiria a própria capacidade inovadora tecnológica do chinês. Nesses dois Períodos históricos, e até o início do século XVII, seu desenvolvimento cultural e técnico dependeu, quase que exclusivamente, de sua capacidade criativa, pois manteve apenas esporádicos contactos com outras culturas (Índia, árabes) e nenhum intercâmbio cultural com o Ocidente. Nessas circunstâncias, a Ciência, como um todo, não passou de uma etapa elementar, com uma base primária eivada de preceitos e princípios pseudocientíficos.

A Matemática chinesa era essencialmente prática, de cunho utilitário, motivada por problemas de calendário, observação celeste, registros governamentais, impostos, mensuração agrária, comércio. Neste sentido, pouco diferia da Matemática prática dos mesopotâmios e dos egípcios. Desde os primeiros tempos, foi adotado um sistema de numeração centesimal de posição, em barras (precursor do ábaco), que se utilizava de arranjos com varetas de bambu e que representava o zero por um espaço em branco; nenhuma outra cultura, que se saiba, usou o sistema de barras para cálculo. Nesse Período, os números e as tabelas de multiplicação eram escritos em palavras, mas os cálculos eram feitos com numerais em barras numa placa de calcular; tais barras, de bambu, marfim ou ferro, eram carregadas numa sacola pelos administradores e usadas para cálculo. Dentre as realizações neste campo, podem ser citadas: extração de raízes quadradas e cúbicas, utilização de frações, determinação de áreas e volumes de diversas figuras geométricas, inclusive da área do círculo, cálculo de 3,14159 para o valor de *pi* (*ð*), conhecimento da análise indeterminada, máximo divisor comum. Os matemáticos chineses calcularam diferenças finitas, conheciam números negativos e o Triângulo de Pascal. O sinal do zero seria conhecido em período posterior, bem como o ábaco (*suan pan*). A Álgebra desenvolveu-se mais que a Geometria, mas pouco avançou, por falta de embasamento teórico.

O mais importante texto de Matemática do Período Han foi o *Nove Capítulos sobre a Arte da Matemática* (*Kui-chang Suan-shu),* com uma síntese do conhecimento chinês antigo, através de uma série de problemas (246 sobre Agricultura, Engenharia, Agrimensura), mas sem demonstração[36]. No *Livro das Permutações* (*I-King*), provavelmente escrito por Won-wang (1182-1135), aparecem os dois princípios – *yang e yin* – e as oito figuras, formadas por um traço contínuo e dois traços separados, chamadas *Pa-kua*, as quais passariam a ser usadas em adivinhações; na obra aparece o mais antigo quadrado mágico (em que a soma das linhas, das colunas e das duas diagonais principais é a mesma) de que se tem notícia. Outro clássico, também de autor e data desconhecidos, é o famoso *Chou Pei Suan Ching* ou *Aritmética Clássica do Gnomo e os Caminhos Circulares do Céu* que, entre vários temas, abordou o conhecido Teorema de Pitágoras. Importante foi o matemático Liu Hui (220-280), autor de um curto *Haaidao Suan Ching* ou *Manual Matemático da Ilha*, com nove problemas e comentários sobre

[36] EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

os Nove Capítulos. O *Sunzi Suan Ching* (*Manual de Aritmética do Mestre Sol*), em três capítulos, foi escrito há cerca de 1800 anos.

No que se refere à Astronomia, a observação do Céu era da maior importância, tanto por sua concepção do cosmos como um organismo que seria afetado pelo comportamento dos homens, quanto para a confecção do Calendário. A Astronomia era uma atividade oficial, com estímulo para os astrônomos oficiais registrarem os fenômenos celestes. Para tanto, usaram uma ampla variedade de instrumentos, semelhantes aos usados por outras civilizações, como a haste vertical e a esfera armilar; desenvolveram vários instrumentos, como um medidor de sombras e um medidor de constelação circumpolar; aperfeiçoaram, para a medição do tempo, a clepsidra (relógio d'água) e os relógios mecânicos.

Observaram e anotaram os chineses os movimentos dos únicos cinco planetas conhecidos (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), que relacionavam com os cinco elementos, e que não tinham nomes próprios (Vênus era *a grande branca*, por exemplo). Os astrônomos identificaram e registraram vários fenômenos astronômicos (eclipses do Sol e da Lua, desde 720 a. C., cometas – desde 613 a C.); registraram, ainda, manchas solares (28 a. C.), meteoros e meteoritos. Desde o século IV a.C., os chineses compilaram catálogos sistemáticos de estrelas (astrônomos Shih Shen, Kan Te e Wu Hsien), posteriormente reunidos, no século IV d.C., por Chen Cho em um mapa estelar. Várias obras, como *Tratado sobre Júpiter* e *Predições Astrológicas*, de Kan Te, e *A Arte dos Sete Planetas* e *A Arte dos Oito Elementos*, de Liu Hong, foram perdidas, sendo seu conhecimento devido a referências de outros autores.

Os chineses utilizavam um Calendário solar (365,25 dias), cuja acuidade era da maior importância, em vista da necessidade de estabelecer corretamente os festejos e cerimônias religiosas. Conheciam a duração de 29,5 dias, com 12 lunações (354 dias), mais um mês de 29 dias de tempo em tempo. Apesar de atentos observadores da abóbada celeste, não foram capazes de formular qualquer teoria astronômica, nem de iniciar uma Astronomia científica, inclusive por falta de adequado conhecimento matemático.

No campo da Física, a concepção chinesa de crescimento e diminuição mútua das duas forças, *Yin* e *Yang*, levaria a compreender o Universo em contínuas mudanças em forma de ondas, em contínua alternância (frio-quente, seco-úmido, claro-escuro, etc). Tudo na Natureza e na Sociedade é associado a essas duas forças (ou princípios) e aos cinco elementos (agentes), e

explicado por eles. A visão chinesa é, por conseguinte, qualitativa e dinâmica, em que a alternância (dia e noite, verão e inverno, Sol e Lua, etc.) se equilibra e se sucede sem se destruir. Todas as teorias da Técnica e da Ciência estão baseadas nessa visão[37]. Os chineses eram peritos em medições práticas: utilizavam um sistema de pesos e medidas, e foram pioneiros em muitos domínios da Estática – balanças, alavancas, pesos, forças; tinham interesse pela Óptica e estudaram espelhos planos e côncavos, tendo construído grandes espelhos de metal; estavam igualmente familiarizados com lentes queimadoras. Dedicaram-se os chineses ao estudo do som e foram os inventores da bússola magnética (utilização da magnetita).

A Química, como ciência prática, de laboratório, se desenvolveu pelo interesse dos taoístas em investigar as substâncias naturais, na busca da imortalidade física, nos meios de impedir o envelhecimento. Suas experiências visavam também a transformar os metais abundantes em ouro. Desenvolveram os chineses uma variedade de aparelhos e instrumentos especiais (fornos e fornalhas, vasos, retortas, estabilizadores de temperatura, balanças, tubulações de bambu, alambique para destilação do álcool) e inventaram a pólvora. Alguns minerais eram usados na Medicina (cobre, salitre, carvão), sendo que um total de 46 substâncias minerais já constava da mais antiga Farmacopeia chinesa.

As Ciências da Terra (Geologia, Geofísica, Meteorologia, Oceanografia, Mineralogia, Sismologia) foram objeto de extensos, acurados e minuciosos estudos, observações e registros. Em *Mapeamento*, já no século I d.C., Cheng Heng introduziu um sistema de grade para especificar as posições geográficas mais importantes; no Período Tang, devido à expansão do Império, o mapeamento se estendeu por todas as novas regiões do País. Criaram ainda os chineses os primeiros mapas em relevo. Em Meteorologia, criaram um sistema de registros e o primeiro higrômetro no século II a.C. Observaram e registraram arco-íris, halos e auroras boreais. Em Oceanografia, tiveram os chineses o maior interesse nas marés, pelo que já sabiam, no século II a.C., da influência da Lua sobre o movimento das marés. Em Geologia, os chineses deram-se conta, antes dos ocidentais, de que as montanhas se haviam elevado de terras que antes estavam sob o mar; talvez por isso tenham sido os primeiros a registrar fósseis pelo que eles são – restos de um material que já foi vivo. O conhecimento de pinheiros fossilizados data do século III. Reconheceram,

[37] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

igualmente, fósseis de animais (aves, peixes). Em Mineralogia, classificavam os minerais de acordo com sua dureza, cor, aparência e gosto; os metais eram diferençados das pedras. Em Sismologia, dada a grande atividade sísmica no País, extensos registros datam desde 780 a.C.; embora não tenham elaborado nenhuma teoria sobre os terremotos, foram os primeiros a construir o antepassado de um sismógrafo, no século II d.C.

Em Botânica e Ciência agrícola, o avanço científico não correspondeu à importância da agricultura para o País. Tendo de alimentar grande população, desenvolveram técnicas agrícolas, como a irrigação e a rotação de culturas, desenvolveram máquinas agrícolas bem desenhadas e construíram canais para a circulação de produtos agrícolas. Utilizavam os insetos no combate às pragas e domesticaram o bicho-da-seda e o grilo; criaram o pônei mongol, o búfalo, o cão pequinês e peixes dourados. Grandes cultivadores de flores, os chineses criaram a rosa, o crisântemo e a peônia. Desde o século III a.C., os chineses já classificavam as plantas com nomes científicos de duas palavras.

Sobre a Medicina, há registros, desde o segundo milênio, quando viveu Huang Ti, pai da Medicina chinesa. Outros afamados e importantes autores antigos são Pen Tsao (2800), que fez a primeira compilação sobre ervas, tendo estudado 365 drogas, e Nei Ching (2600), autor de *Cânones de Medicina*, transmitido oralmente até o século III a.C., quando foi realmente escrito. Documentos antigos se perderam ou foram destruídos, em 213 a.C., como no caso de outras áreas do conhecimento, o que reduz bastante a informação disponível sobre esse período. Sob influência taoísta, a Medicina chinesa deu importância à prevenção da doença.

A profissão médica era regulamentada, prestava-se exame para seu exercício, e foi criada, na dinastia Tang, uma Faculdade Imperial de Medicina; estabeleceram-se hospitais e colônias de leprosos, e havia regulamentos de quarentena. Outros autores e obras significativas na evolução da Medicina chinesa foram: Tsang Kung (dinastia Han) que descreveu várias doenças, inclusive câncer de estômago, aneurisma e reumatismo; Chang Chung-shing, o Hipócrates chinês (século III d.C.); escreveu o clássico *Tifoide e outras Febres*; Ko Hung descreveu a beribéri, a hepatite e a varíola.

O estudo da Anatomia era pelo raciocínio e adivinhação, já que a dissecação e a observação direta contrariavam o Confucionismo, que, ao defender a integridade corporal, foi responsável pela atrofia da cirurgia[38]. O

[38] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

diagnóstico se baseava na observação, auscultação, interrogação e no exame de pulso. Para guiá-lo, o médico utilizava um *manual de medicina corporal*, equivalente ao corpo de doutrina de Hipócrates. Por influência taoísta, a ginástica e a respiração eram, havia muito, recomendação da Medicina chinesa. Para vários tipos de tratamento os chineses utilizavam a acupuntura (também em animais), método prático para estimular as reações naturais do corpo ao ataque da doença. Outro método ímpar de tratamento era o moxabustão, que consiste na combustão do absinto próximo à pele, para aliviar o reumatismo e outras dores, bem como para tratamento dermatológico.

1.3.5 Desenvolvimento Técnico

Se as duas condicionantes da civilização chinesa não foram conducentes à formação de um espírito científico, foram, contudo, favoráveis a, e impulsionadoras do desenvolvimento técnico, inclusive por não representar perigo para a tradição e os costumes. O pragmatismo, a observação, a engenhosidade, a inventividade, a meticulosidade e a habilidade manual, entre outras características chinesas, foram responsáveis diretos pelo extraordinário desenvolvimento técnico ocorrido desde a unificação do País. Na realidade, além de se constituir em uma Sociedade astrolátrica e seguidora da doutrina de Confúcio, outra característica fundamental da civilização chinesa é a Técnica, cujo avanço espetacular não foi devido a conhecimento científico ou teórico, mas a qualidades intrínsecas do povo chinês.

Para muitos autores, as técnicas da Europa ocidental e da China se encontrariam em pé de igualdade ao final desse período (século V), ao qual se seguiria a Época medieval, quando continuariam a progredir as invenções, os aperfeiçoamentos e as inovações técnicas no Ocidente e no Oriente. A falta de contactos entre esses dois pólos antigos de cultura viria a ser, do ponto de vista do futuro desenvolvimento científico, mais prejudicial à China que ao Ocidente, apesar do incontestável e extraordinário progresso havido no desenvolvimento técnico pela Sociedade chinesa.

1.4 ÍNDIA

A civilização indiana ou hindu é das mais antigas e das mais longas. Seu processo evolutivo se iniciou no quarto milênio antes da Era cristã (bacia do Indo) ou, como defendem alguns autores, em meados do segundo milênio

(invasão dos arianos), com o Período Védico, prosseguiu ao longo dos séculos, assumindo as características culturais do Hinduísmo, cujos traços fundamentais se mantêm até hoje. A extraordinária longevidade dessa civilização só tem paralelo com a chinesa e a judaica.

Pouco se sabe das culturas Pré e Proto-Históricas no subcontinente indiano. Vestígios e indícios apontam para grupos caçadores-coletores, nômades, do Mesolítico, e pequenas comunidades agrícolas, sedentárias, do Neolítico, no Noroeste e centro do subcontinente, onde teriam desenvolvido uma incipiente agricultura (trigo, cevada). O aumento demográfico e o avanço técnico, resultantes do sedentarismo, levaram tais povos à busca de novas áreas ricas em recursos naturais, agricultáveis, que assegurassem meios de subsistência à crescente demanda. Como o Nilo, o Indo inunda, anualmente, extensas áreas, depositando férteis sedimentos, de imenso potencial agrícola. A ocupação da bacia do Indo foi, assim, inevitável, tendo ocorrido no quarto milênio, com a fixação definitiva de populações etnicamente heterogêneas, sedentárias, mistas de agricultores e caçadores, em povoados e cidades. Como a da Mesopotâmia e a do Egito, a cultura que aí se desenvolveu foi dependente dos recursos hídricos, no caso o rio Indo. O vale do Ganges foi ocupado a partir do segundo milênio, com o cultivo do arroz.

1.4.1 Considerações Gerais

O conhecimento da civilização do Indo (2500-1500 a.C.) é bastante recente e precário. Escavações arqueológicas iniciadas por Sir John Marshall, em 1921, no vale do Indo, no Sind, no Punjab e no Beluchistão, revelaram a existência de uma cultura até então desconhecida, contemporânea das civilizações babilônica e egípcia. A escrita, empregada em breves inscrições em sinetes e pequenos objetos, não foi ainda decifrada, o que dificulta, em muito, conhecer a real extensão dessa cultura e suas características políticas, sociais e religiosas; aparentemente adoravam os poderes da Natureza, embora personalizados na forma de animais. Sabe-se que cultivavam o trigo, a cevada, o algodão e a cana de açúcar, que criavam ampla variedade de animais domésticos, como o elefante, o búfalo de rio, o gado com corcova. Desenvolveram a cerâmica, inclusive com o uso de torno de oleiro, e empregavam tijolos em suas construções. Mantiveram contactos com a Mesopotâmia, como atestam objetos encontrados em ruínas babilônicas. Estatuetas de bronze indicam tratar-se de uma civilização da Idade dos Metais.

Duas cidades importantes – Mohenjo-Daro e Harappa – situadas em regiões que correspondem, hoje, ao Paquistão, controlavam uma área mais extensa que qualquer outra civilização antiga: mais de 1(um) milhão de quilômetros quadrados. Ruínas mostram planejamento urbano e obras de engenharia de vulto (drenagem, ruas pavimentadas, banhos públicos). A existência de um grande balneário em Mohenjo-Daro leva os especialistas a acreditar na prática da purificação pela água. As causas do repentino desaparecimento dessa cultura ainda não estão suficientemente esclarecidas: alguns admitem bruscas mudanças climáticas (seca) ou alteração no curso do rio Indo, e outros acreditam nas invasões dos arianos como fatores determinantes do colapso de uma civilização que, para muitos, deve ter alcançado alto nível de desenvolvimento cultural e técnico.

1.4.2 Período Védico

Provenientes do Noroeste, a partir do Planalto iraniano, os arianos, uma das tribos indo-europeias que se deslocara desde a Europa oriental, penetraram na bacia do Indo no segundo milênio, saqueando e destruindo povoados. Povo guerreiro, de estrutura tribal de base patriarcal, dispunha de armas de bronze e combatia em carros de duas rodas, puxados por cavalos, o que lhes deu evidente superioridade no confronto com o pacífico povo agricultor do Indo. Com o domínio dos arianos, se iniciou o Período Histórico, já que através de seus hinos, os Vedas (que significa conhecimento, saber), é possível conhecer, ainda que de forma bastante incompleta, o Período chamado de Védico. Há quatro coleções de hinos: o Rigveda, o mais antigo, poema recitado em honra de uma divindade; o Samaveda, coleção de cânticos; o Yajurveda, recitação das fórmulas necessárias para os sacerdotes realizarem suas tarefas rituais; e o Atarvaveda, vinculado à correção de erros rituais.

A religião, que ocupou um lugar muito especial na vida dos indianos e que ajudou a moldar sua identidade, estava centrada em poderes divinos, os Devas, relacionados com os poderes cósmicos, tais como o Céu e o Sol. O sacrifício era importante para o culto, com oferendas aos deuses, a fim de conquistar seus favores e manter sob controle as forças do caos; ao longo dos séculos, os rituais aumentaram em número e em importância sócio-política, tanto os sacrifícios domésticos quanto os grandes sacrifícios.

A Sociedade ariana se compunha de três classes: a dos sacerdotes, a dos guerreiros, e a dos artesãos, agricultores e criadores. A população local

derrotada foi reduzida à servidão. A unidade básica social era a família, sob a responsabilidade de um patriarca. A civilização indiana não criou, como outras, grandes centros urbanos; a população cada vez mais numerosa se espalhava em inúmeros povoados e vilarejos, cuja subsistência era garantida por uma agricultura intensiva e um artesanato diversificado (cerâmica, tecido, metais, couro). Poucos exemplares da Arte desse Período foram recuperados, pois eram, na maioria das vezes, confeccionados em madeira ou em barro.

Três contribuições decisivas dos árias ou arianos para a formação cultural, social, política e mental dos povos do subcontinente indiano foram: 1) a introdução do sistema de castas. Inicialmente em número de três, a Sociedade, ao longo dos séculos, estabeleceria novas divisões, a ponto de chegar, no início do século XX, a cerca de três mil. O sistema de castas foi o responsável pela estratificação rígida da Sociedade hindu, resultando no imobilismo social; 2) o estabelecimento do sânscrito como o idioma comum da formação de uma nova cultura especial. Farta literatura foi escrita nessa língua, inclusive os textos religiosos vedas; 3) as crenças vedas, no *Livro dos Vedas*, cujos hinos eram recitados pelos sacerdotes durante os sacrifícios.

1.4.3 Período Bramânico

Ao Período Védico seguiu o Bramânico, que data de por volta do século IX. Grandes mudanças sociais e culturais ocorreram nessa conformação da civilização indiana: primeiro, a consolidação e reforço da autoridade dos rajás, que se tornaram monarcas hereditários; a resultante centralização do poder reduziu a autonomia da casta dos guerreiros, transformando-os em integrantes dos exércitos reais; segundo, a casta sacerdotal (brâmanes) adquiriu nova importância e preeminência, à medida que aumentou o número de rituais de sacrifício como condição para a preservação da ordem cósmica e social. Estabeleceu-se verdadeira teocracia, com os brâmanes responsáveis pelo culto real; terceiro, a influência pré-ariana (védica) sobre a cultura e a Sociedade indianas; quarto, uma nova concepção, distinta da védica, que incluía a aceitação de uma certa identidade da alma individual e da alma universal. No centro dessa lenta evolução da crença religiosa estavam os brâmanes (sacerdotes) que, por volta de 700 a.C., introduziram uma abordagem mais filosófica nos textos sagrados *Upanishads*, conjunto de frases religiosas, ritos, aforismos e reflexões, atendendo, assim, àqueles que buscavam satisfação religiosa fora da tradição védica.

O Hinduísmo, como religião, não teve fundador, nem tem credo fixo, nem organização de espécie alguma, mas tem várias formas de culto (meditação e sacrifício) e incorporou as doutrinas do carma e da reencarnação. Alguns animais são sagrados (vaca, crocodilo, macaco, cobra), como alguns rios (Ganges), cujas águas são utilizadas para purificar os crentes. O acesso às fontes do conhecimento era restrito à casta sacerdotal e a integrantes da casta dos guerreiros, ficando a esmagadora maioria da população limitada ao trabalho manual, sem perspectiva de melhoria social e cultural.

Na época do fortalecimento do Hinduísmo como religião predominante, principalmente no Norte, Centro e Sul do subcontinente, mais duas importantes religiões, mas de pouca penetração na própria Índia, surgiram na região do Ganges: o Budismo, fundado por Sidarta Gautama (560-480) e o Janaísmo, fundado por Verdanama Mahavira (599-527). O Budismo teve alguma penetração na Índia na época de Açoka (século III), mas foi duramente combatido pelo Hinduísmo, tendo conquistado, no entanto, grande massa de adeptos em outros países asiáticos (Ceilão, 120; Indonésia, 200; Birmânia, 400; Japão, 550; China, 844; Tailândia, 1300). O Janaísmo se limitaria à Índia, sem, contudo, conseguir expressivo número de seguidores. Esse Período seria da maior relevância na evolução cultural e mental do indiano, porquanto o surgimento dessas três religiões, originadas no subcontinente, refletiu já sua mentalidade, suas prioridades, suas preocupações. A religiosidade, o misticismo, o ascetismo e a meditação seriam os guias de seu comportamento, de sua atitude, de sua postura e de seu modo de vida, e seriam condicionantes de seu entendimento e compreensão da Vida e do Mundo.

1.4.4 Período Máuria

Durante o século V a.C., o número de Reinos se reduziu substancialmente a quatro, e, depois de muitas lutas, foram absorvidos pelo Reino de Magadha, cuja capital, Pataliputra, dominou estrategicamente a rota comercial do Ganges. Posteriormente, com a partida de Alexandre da Pérsia do Afeganistão, e o consequente enfraquecimento do Império Macedônio naquela região, Chandragupta, líder local, se apoderou de Magadha e expandiu significativamente as fronteiras do que se constituiria no Império Máuria, cujo maior governante seria Açoka (272 ?-232), considerado o pai da unidade nacional. Açoka pacificou o País, fez grandes obras públicas, incentivou a cultura e a educação, desenvolveu a economia, permitiu a liberdade religiosa.

1.4.5 A visão do mundo na Cultura Indiana

Cultura condicionada por uma crença mais dedicada à reencarnação do que à vida, mais interessada em se preparar para escapar deste mundo do que em entendê-lo, não foi sua preocupação ou interesse, e nem esteve na sua cogitação a formação de um espírito especulativo, crítico e analítico, apropriado para, na base da observação sistemática e da experimentação, procurar conhecer e compreender os fenômenos da Natureza.

Sem liberdade intelectual e com tais restrições culturais, não se desenvolveu, portanto, na civilização indiana, o necessário espírito de abstração e de teorização, indispensável à criação científica.

O sistema educacional, implantado desde tempos imemoriais, não seria conducente, tampouco, ao desenvolvimento das Ciências, nem favorável à divulgação da cultura. Conforme explicado em comentário específico da Universidade de St. Andrews, na Escócia, sobre a evolução da Matemática na Índia, o sistema educacional em geral se limitava ao círculo da família; havia famílias que detinham tradição no estudo e na técnica da Matemática, da Astrologia, da Astronomia, e que, ciosas desses conhecimentos, se limitavam a preparar cada nova geração da família nas técnicas desenvolvidas pelos antepassados, sem preocupação de divulgá-las ou de dar acesso a outras pessoas eventualmente interessadas; a Matemática era um mero instrumento, uma ferramenta para a Astronomia, cujo principal objetivo era lidar com o Calendário e datas para cerimônias religiosas. Uma família matemática teria uma biblioteca com comentários de gerações passadas sobre os quais seriam adicionados novos comentários familiares. Ao mesmo tempo, não estavam interessadas as famílias em ideias inovadoras em Astronomia; "novamente a religião é a chave, pois a Astronomia era considerada de origem divina, e cada família permaneceria fiel às revelações do assunto como apresentadas por seus deuses. Procurar mudanças fundamentais seria impensável, pois pedir a outros que aceitassem tais mudanças seria essencialmente pedir a eles para mudar de crença religiosa"[39]. A evolução da Filosofia Natural na civilização indiana seria, assim, fruto de tais condicionantes sociais, religiosos e culturais, que, ao longo da sua história, forjariam sua mentalidade e identidade.

---

[39] ST. ANDREWS UNIVERSITY. *An Overview of Indian Mathematics.*

1.4.5.1 MATEMÁTICA - Apesar da falta de adequada documentação, há algumas evidências de a rudimentar e incipiente Matemática na cultura do Indo (Harappa e Mojenho-Daro) ter sido de aplicação prática, voltada para a solução dos problemas diários da Sociedade, como útil instrumento no comércio, na Engenharia e na Arquitetura; teria havido, por exemplo, um sistema padronizado de pesos e medidas.

O desenvolvimento da Matemática na cultura indiana, nos tempos védicos e bramânicos, se deveu, principalmente, a sua utilização para fins religiosos e de Astronomia de posição. Os primeiros textos de Geometria aplicada tiveram o objetivo, de fundo religioso prático, de ditar as regras técnicas e as instruções para a construção de altares ou piras rituais de sacrifício. Os Sulvasutra, no total de quatro, anexos ao *Livro dos Vedas*, foram escritos pelos sacerdotes Baudaiana (800 a.C.), Manava (750 a.C.), Apastamba (600 a.C.) e Katiaiana (200 a.C.), cujas biografias são desconhecidas. No final do Período Sulvasutra (III século a.C.) surgiram os primeiros numerais, mas sem ainda qualquer sinal para o zero.

Ao Período dos Sulvasutras seguiu-se o que alguns autores denominam de Idade dos Siddhanta*s* ou sistema de Astronomia[40]. São conhecidas cinco versões diferentes dos Siddhantas: Paulisha, Surya, Vasishta, Paitamaha e Romanka, sendo o Surya (Sistema do Sol) o único preservado inteiramente. Tais textos versavam, na realidade, sobre Astronomia, com regras enigmáticas, em verso sânscrito, com pouca explicação e sem apresentação de prova.

1.4.5.2 ASTRONOMIA - Durante todo o Período Védico-Bramânico, o grande interesse na observação do movimento dos corpos celestes se concentrava na confecção do Calendário, da maior utilidade tanto para fins religiosos (rituais, festejos, cerimônias, sacrifícios) quanto para propósitos econômicos (agricultura). Para tanto, particular atenção era dada às estrelas localizadas ao longo da eclíptica, como referência para os movimentos do Sol e da Lua. O Rigveda estabelecia a duração do ano em 360 dias, dividido em 12 meses de 27 dias (segundo Yajurveda), ou de 28 dias (pelo Atarvaveda), prazo correspondente à trajetória da Lua na elíptica formada por 27 constelações (Naksatra) ou por 28; em ambos os casos, o total é menos 36 ou 44 dias para um ano de 360 dias. A inclusão de um mês intercalado de 30 dias não resolveu o problema, pois a diferença de datas e

[40] BOYER, Carl. *História da Matemática.*

de estações persistiu. Por volta de 100 a. C., foi adotado o mês de 30 dias, adicionando-se um mês extra a intervalos regulares para compensar os 5,25 dias faltantes anualmente.

Como as observações tinham um sentido prático (calendário), pouco interesse e atenção deram os sacerdotes-astrônomos aos planetas e às estrelas, pois nem mesmo chegaram a preparar catálogos das estrelas, como fizeram gregos e chineses. Ademais dos cinco planetas visíveis a olho nu, imaginaram os hindus a existência de dois astros – Rahu e Ketu –, responsáveis pelos eclipses. O movimento dos astros era atribuído a uma força cósmica, concebida na forma de vento.

O Hinduísmo, já no Período Védico-Bramânico, dava grande importância à determinação de ciclos de longa duração, porquanto representavam divisões sucessivas da vida cósmica, concebida como cíclica e de eterno renascimento. As divisões do tempo eram os elementos constitutivos da dimensão temporal dos ciclos, à qual correspondia uma extensão do Criador do Cosmos, a palavra que profere o Ser progenitor do Mundo, Brahman-Prajapati, é recolhida no Veda (Saber). O livro *Çata Patha Brahmana* explica que o progenitor, sob a forma de ano, corresponde a 10.800 "momentos", unidade de medida de sua atividade cíclica, e que o "*Rigveda*" contém 10.800 unidades métricas de 40 sílabas, o que dá um total de 432.000 sílabas; a unidade-momento corresponde a 30 dias "humanos", que, multiplicados por 12 meses, fixa o ano humano em 360 dias[41].

Os instrumentos de observação usados pelos astrônomos hindus eram aqueles utilizados em toda a Antiguidade: o gnômon, a esfera armilar, os círculos e meios círculos para determinar as distâncias dos corpos celestes acima do horizonte e ao longo das eclípticas, e os relógios d'água. Em épocas posteriores, utilizariam os astrônomos hindus o astrolábio e os herdados gigantescos instrumentos de alvenaria, construídos para os astrônomos muçulmanos. Nenhuma inovação na técnica de observação foi criada pelos hindus, que continuariam usando, por vários séculos, os anacrônicos e ultrapassados instrumentos de alvenaria, que não tinham a precisão dos telescópios já em uso na Europa.

A grande obra astronômica *Suryasiddhanta* (*Sistema do Sol*), do Período Clássico antigo, se situa por volta do século V de nossa era, e contém o conjunto do conhecimento adquirido, inclusive com as influências persa e

[41] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

grega, sem renunciar à tradição védico-bramânica. A obra consta de 14 capítulos: medidas do tempo; tabela de seno; meridianos, pontos cardeais, equinócios e solstícios; eclipse do Sol; eclipse da Lua; projeção gráfica dos eclipses; movimentos planetários; posição das constelações (naksatra) com relação à eclíptica; o nascer e o pôr helíaco dos astros; os movimentos do Sol e da Lua; noções de Astrologia; sistema do Mundo; indicações sobre instrumentos astronômicos; estudos diversos de cálculo. A questão crucial para o Hinduísmo do tempo cósmico é retomado no *Suryasiddhanta*, sem desconhecer as tradições védicas. O ano divino é formado de 360 dias divinos, ou 360 anos humanos. O Grande Ano Cósmico (mahayuga), Período em que o conjunto de astros se encontra na mesma posição, depois de cada um ter completado um número inteiro de revoluções completas, se divide em quatro Períodos (yuga), desiguais em duração e perfeição. Os números mágicos do Período Védico são retomados: 10.800 e 432.000, só que, agora, multiplicado por 10, se transforma em 4.320.000 anos solares, correspondentes a 12.000 anos divinos. É importante registrar que o grande interesse pelos longos Períodos cósmicos era compartilhado pelo Hinduísmo, Budismo e Janaísmo.

1.4.5.3 QUÍMICA - Não há indícios de qualquer tentativa de pesquisa da natureza do processo químico. O interesse estava na confecção de produtos, no uso prático do conhecimento da Química: tinturaria, cerâmica, vidraçaria, fusão do ferro, pigmentos. Nessas atividades, haveria grandes avanços técnicos, mas nessas preparações e nas experimentações não havia nenhuma teoria subjacente.

1.4.5.4 BIOLOGIA/MEDICINA - O conhecimento biológico foi bastante reduzido, superficial, limitado. No campo da Botânica, as plantas eram classificadas em três grandes grupos: árvores, ervas e plantas rasteiras. Havia interesse no estudo das ervas, principalmente para seu uso na Medicina, mas o conhecimento era empírico. A germinação das plantas foi observada, tendo Prasastapada, no século V d.C. sugerido uma classificação baseada na reprodução sexuada ou não.

O grande tratado de Medicina hindu é o *Ayurveda* (*O Saber sobre a Longevidade*), que consta ter sido compilado há cerca de 2 mil anos. Seus ensinamentos se baseiam, em parte, nas escolas do Período Védico, fundadas por Atreya e por Suçruta, autor de famoso tratado de cirurgia. A doença era

considerada um desequilíbrio que ocorria no corpo, e seu tratamento era um processo em duas vias: eliminação dos ingredientes que, dentro do corpo, estariam causando o desequilíbrio, e sua substituição por outros, harmoniosos. O *Ayurveda* é, na realidade, um compêndio de Medicina prática, que mostra algum conhecimento de Anatomia e de alguns órgãos. A obra importante é o tratado de Charaka. Sua doutrina fundamental é que as cinco matérias elementares que formam o Universo formam, também, o corpo humano: terra, água, fogo, vento e espaço, que correspondem, respectivamente, aos tecidos sólidos, aos humores, às biles, à exalação (respiração) e às cavidades dos órgãos; os dois elementos extremos (terra e espaço) são inertes, e os demais três são ativos. A terapêutica indiana se baseava, principalmente, na experiência acumulada dos efeitos das ervas sobre os sintomas. A ioga era usada na cura física desde o século II a.C. Os médicos hindus realizavam cauterizações, e atingiram certo grau de especialização na cirurgia (remoção de pedra na vesícula e nos rins, catarata).

1.5 OUTRAS CULTURAS ANTIGAS (HITITA, HEBRAICA, FENÍCIA E PERSA)

Contemporâneas das civilizações da Mesopotâmia e do Egito, floresceram na Ásia Menor e Oriente Médio quatro outras culturas que teriam uma importância, direta ou indireta, na futura formação de um espírito científico e no advento da Ciência. O impacto dessas culturas seria pequeno e desigual no campo específico da Ciência, mas a cultura dos hebreus, através de sua religião, viria a ser uma das importantes determinantes da cultura ocidental, e, como tal, viria a ter uma influência capital no desenvolvimento da Ciência.

De graus diferentes nas áreas cultural e técnica, de atividades econômicas diversas e de características assemelhadas nos setores social e político, um traço comum, do ponto de vista da História da Ciência, pode ser identificado aos povos hititas, hebreus, fenícios e persas: a falta absoluta de espírito crítico diante dos fenômenos, e suas crenças no poder sobrenatural. Apesar de já terem alcançado o estágio sedentário, urbano, e agrícola; de saberem trabalhar vidro, cerâmica e metais (cobre, chumbo, prata, ouro, ferro);, e de terem desenvolvido técnicas de guerra (hititas, persas) e de navegação (fenícios), não tinham atingido tais povos, contudo, o estágio mental e cultural consistente com o desenvolvimento de um espírito científico, crítico, pesquisador, racional e lógico. Ao longo de suas histórias, não demonstrariam esses povos espírito cético, inclinação analítica, curiosidade pela investigação e interesse na

experimentação. Como no caso de outras culturas da Época (hindu, egípcia), a grande preocupação, individual e coletiva, era agradar as divindades e os espíritos, de forma a receber benesses, *manás* e favores e escapar da ira dos entes superiores. Praticavam o sacrifício. Não havia, assim, condições de iniciar ou incorporar qualquer conhecimento científico. Na verdade, o problema não existiria para tais sociedades, imbuídas do entendimento de ser o conhecimento algo privativo dos deuses ou dependente de revelação.

Mesmo com a conquista da região por Alexandre, e a posterior presença de Roma em toda a área, as estruturas sociais e políticas, as tradições culturais e o nível mental dessas populações não foram suficientemente abalados, de maneira a permitir o surgimento de interesse pelo conhecimento dos fenômenos naturais, como em outras partes do mundo de então, em especial na Grécia.

Regimes teocráticos e despóticos, com uma classe sacerdotal dominante, não haveria as condições mínimas para surgir a Ciência em tão hostil ambiente. As classes sacerdotais ou castas dirigentes exerceriam um poder absoluto sobre seus súditos e não admitiriam qualquer iniciativa ou veleidade intelectual fora dos cânones pré-estabelecidos. Os escassos documentos conhecidos dessas culturas não registram evidências de especulação ou de algum interesse por compreender os fenômenos da Natureza. Por essa razão, a quase totalidade dos livros de História da Ciência nem menciona tais povos, ao tratar dessa época.

Nenhum desses povos deixou qualquer contribuição para a Ciência, exceto os fenícios, que, como exímios navegantes e competentes comerciantes, se espalharam pelas costas do Mediterrâneo e viriam a servir como divulgadores do alfabeto, que teriam inventado, por volta de 1500 a.C., e do conhecimento de outras culturas (egípcia, hindu, mesopotâmica). Os hititas, da Capadócia, cuja cultura foi mais pujante no segundo milênio, criariam um Império regional de curta duração (de 1800 a 1200 a .C. aproximadamente), graças ao domínio da técnica de fabricação de armas de ferro, o que explica a retumbante vitória militar na batalha de Kadesh, contra o Faraó Ramsés II, em 1300 a .C., mas não deixaram testemunhos de incursões na área da Ciência.

Os hebreus se diferençavam dos demais povos por serem monoteístas (Jeová) e arredios a qualquer contacto com seus vizinhos, ciosos da preservação de sua identidade. Conquistado pela Grécia e Roma, resistiria o povo hebreu a influências externas e se manteria fiel a suas tradições e costumes e contrários a especulações filosóficas opostas às suas crenças. Habitando uma região inóspita e pobre de recursos naturais, chamada de Canaã (atual

Palestina), as principais atividades eram um modesto artesanato e uma precária agricultura. O Livro sagrado, Torá, ditava as regras de conduta pessoal e social, ao estabelecer os princípios éticos e morais a serem rigorosamente seguidos pelos fiéis. Mesmo com a dispersão do povo judeu, a partir dos anos 70/72 d.C., sua cultura seria mantida, ao longo dos séculos, graças a uma unidade obtida através da religião, dos costumes, das tradições e da língua, permanecendo como uma das mais longas culturas, ao lado da chinesa e da hindu. Não há registro, para esse Período, de aporte que pudesse significar início de espírito científico.

O formidável e extenso Império Persa (atuais Irã, Iraque, Síria, Egito e partes da Índia e Ásia Menor), que atingira seu apogeu nos séculos V e IV, com Ciro, Cambises, Dario e Xerxes, seria derrotado e ocupado por Alexandre, após destruir sua capital, Persépolis (331 a. C). Transformada numa satrapia grega, seria essa extensa região governada pelos selêucidas até 64 a.C., quando seria dominada pelos partos, e subsequentemente pelos persas. O artesanato (cerâmica, metais, tecidos, adornos) e o comércio foram bastante ativos, conforme demonstram importantes achados em ruínas persas. A religião predominante na antiga Pérsia era o Zoroastrismo ou Mazdeísmo, fundado por Zoroastro ou Zaratustra, em época indeterminada (variando de 2000 a 600 a. C.); seus preceitos constam do Livro sagrado *Zend-Avesta*. O poder real, recebido diretamente de Ahora-Mazda, o deus supremo, derivava, assim, do direito divino. Ao avanço técnico, não corresponderia um interesse em estudar os fenômenos naturais; a prioridade para efeitos religiosos e econômicos era a observação da abóbada celeste e da posição dos astros e estrelas. Não haveria nenhuma contribuição relevante para o futuro desenvolvimento científico.

Capítulo II - A Filosofia Natural na Civilização Greco-Romana

Na História da Ciência, um dos Períodos mais importantes e mais complexos foi o da Grécia Antiga, principalmente a partir do século VI antes da Era cristã, pois foi quando se iniciou e se desenvolveu, pela primeira vez, o espírito científico, marco fundamental na evolução do pensamento humano, e quando ocorreria, em consequência, o advento da Ciência abstrata. Esse novo espírito viria a ser o grande divisor entre a civilização grega e as demais civilizações daquele Período Histórico, os quais trilhariam caminhos distintos na busca de resposta às inquietações do Homem quanto a seu Destino e quanto à Natureza e seus fenômenos.

Assim, no Oriente surgiriam, por volta dos séculos VI e V, os fundadores de grandes Religiões, como Lao Tse (Taoísmo) na China, Zoroastro na Pérsia e Buda e Mahavira (Janaísmo) na Índia; apareceriam, igualmente, reformadores sociais e políticos, como Confúcio, e se fortaleceriam, nessa mesma época, na Mesopotâmia, no Egito, na Pérsia e na Judeia as castas sacerdotais. No mundo helênico, nesse Período, no entanto, nasceria a Filosofia (pré-socráticos) que, à parte de todas as especulações, muitas vezes ditadas pela pura imaginação, sem apoio na observação e na experimentação, levaria ao desenvolvimento do espírito científico, e, por via de consequência, ao advento da Ciência. Enquanto nas culturas orientais se desenvolvia um espírito contemplativo e conservador, a Grécia seria capaz de criar, por seus filósofos, um espírito especulativo e crítico. No Oriente, o grande interesse seria

desvendar os mistérios da vida após a morte e obter a conquista do Nirvana ou da vida eterna; na Grécia, o importante seria entender os fenômenos naturais, buscando uma explicação lógica e racional.

Aos gregos coube a glória de terem sido os primeiros a romper as algemas do conservadorismo e a libertar a Razão, capacitando-a a realizar sua obra. Ademais do brilhantismo nos diversos campos da Educação, das Artes, do Direito, da Política e da Filosofia, os gregos foram, assim, os criadores da Ciência e os iniciadores do espírito científico. Trata-se de uma obra que não pode ser atribuída a um indivíduo de gênio, ou mesmo a uma geração privilegiada, mas cujo desenvolvimento e aperfeiçoamento seriam frutos de longo e complexo processo, como atesta sua evolução desde seu começo.

Conquistada pela força das legiões de Roma, a cultura grega viria a predominar sobre os domínios do extenso Império, embora a civilização romana continuasse a manter suas características próprias, resultantes de um povo aguerrido e prático. Para efeitos da História da Ciência, o exame das realizações romanas no campo da Filosofia Natural deve ser incluído no contexto mais amplo da civilização helênica, sob a denominação genérica de civilização greco-romana, mas em separado, de forma a acentuar seu caráter técnico.

2.1 A CIVILIZAÇÃO GREGA E O ADVENTO DO PENSAMENTO CIENTÍFICO E DA CIÊNCIA

2.1.1 Considerações Gerais

Sob a denominação genérica de Filosofia Natural, os gregos antigos criariam uma Ciência com o objetivo de estudar e compreender a Natureza. Essa busca por uma compreensão do Mundo físico abrangia um vasto campo, que englobava a Matemática, as Ciências naturais e as Ciências físicas (inclusive a Astronomia e a Meteorologia); ou seja, ao tempo dos filósofos pré-socráticos, os campos científicos e filosóficos se confundiam e se interrelacionavam, ao ponto que os filósofos tanto se dedicavam a especulações filosóficas e metafísicas sobre a origem e a constituição do Universo quanto aos números (Aritmética), áreas (Geometria) e elementos (Física e Química). Aristóteles, com seu *Organon*, seria o grande pensador grego, cuja imensa influência seria decisiva na evolução do pensamento científico ao criar a Lógica Formal. Com o passar dos tempos, as disciplinas científicas foram adquirindo

complexidade e extensão, o que as separaria, gradualmente, do campo filosófico, reduzindo, assim, o papel da especulação, em benefício do trabalho baseado na experimentação e na verificação. O estudo, a análise e a experimentação nas várias áreas dessas disciplinas passariam a especialistas, aos homens de Ciência. Os cientistas Eratóstenes, Herófilo, Erasístrato, Hiparco, Euclides, Arquimedes e Apolônio, do Período Helenístico, são as expressões maiores dessa evolução, no período áureo das Ciências na civilização grega.

O espírito científico, essencial para o surgimento das diversas Ciências, originou-se na Grécia, sem querer, contudo, significar que todas as Ciências se formariam durante a evolução da civilização helênica. A História das Ciências comprova o entendimento atual de que as Ciências menos complexas, não-experimentais e de interesse imediato da Sociedade seriam as que primeiro se constituiriam e se desenvolveriam. Desta forma, a Matemática e a Astronomia foram criadas pelos gregos, ainda que a especulação filosófica não estivesse abandonada. O desenvolvimento dessas duas Ciências levou ao nascimento de partes da Física, como a Mecânica (Estática e Dinâmica), a Óptica e a Acústica, mas, compreensivelmente, outros ramos da Física, como o Eletromagnetismo e a Termodinâmica, só surgiriam muitos séculos depois, quando criadas as condições para tanto. Somente após avanços significativos dessas três Ciências, refinamento do espírito e dos métodos científicos e acumulação de conhecimentos e técnicas (particularmente da metalurgia) é que a Química ingressaria, no século XVII, na era científica, pois o que havia até então era uma Química prática, sem base teórica; no entanto, deve ser apreciada a contribuição da Alquimia, cuja real contribuição à Química científica seria a introdução de uma série de instrumentos e material de laboratório para os experimentos e pesquisas. A História Natural, englobando os estudos de definição e classificação da flora, da fauna e dos minerais, se estruturaria a partir de Aristóteles, mantendo tais características até o Período do Renascimento científico; o conhecimento da Anatomia e da Fisiologia humanas se iniciaria com a prática de uma Medicina que buscaria, a partir de Hipócrates, as causas naturais das enfermidades. As Ciências Sociais, criadas e estruturadas há menos de 200 anos, já seriam, também, objeto de consideração de pensadores, como Aristóteles.

O aparecimento do espírito científico não significaria a unidade de pensamento na Sociedade ou mesmo na elite intelectual grega, nem implicaria ter essa nova mentalidade permeado as diversas camadas sociais. A grande

massa popular helênica permaneceria presa, ainda, às tradições mitológicas, tão bem representadas por Homero (*Ilíada* e *Odiss*eia) e Hesíodo (*Teogonia* e *Os Trabalhos e Os Dias*). As autoridades das diversas cidades-Estados assegurariam o caráter oficial da religião mitológica, como atestam as conhecidas perseguições a Anaxágoras e a Sócrates. Conviveriam, assim, na antiga Grécia, uma consciência mitológica arcaica, influenciada pelas religiões do mistério e do medo, e um ceticismo humanístico, comprometido com a Razão. Erguiam-se templos, santuários, oráculos e monumentos em homenagem aos deuses, criados à semelhança e à imagem do Homem, mas ao mesmo tempo progredia o espírito científico, com uma nova metodologia – observação, análise, crítica, comparação e experimentação – criada para encontrar uma explicação racional e lógica para os fenômenos. Assim, "... embora a religião grega fosse, no mínimo, tão animista quanto as outras religiões antigas, baseando-se em sacrifícios aos deuses e na intervenção divina nos negócios, a Ciência grega representou um feito notável, separando a investigação das leis da Natureza de quaisquer questões religiosas entre o homem e os deuses..."[42].

2.1.2 Nascimento do Pensamento Científico

Se bem que prevalecesse em todas as culturas da Antiguidade um espírito teocrático, de tradição neolítica, teria cada povo uma evolução própria, seguindo suas inclinações e sua mentalidade, influenciado por uma série de condicionantes sócio-culturais e físicas (Geografia, Meio ambiente, Economia, Educação, História). Nas sociedades de economia rural, de regime teocrático, de mentalidade conservadora, de índole contemplativa e meditativa, o poder político (e tudo daí decorrente) foi exercido, através dos governantes e da Lei, pelas divindades, ou em seu nome exercido, sem ingerência popular. As Leis, de origem divina (Dez Mandamentos) ou cunho religioso (Torá), eram administradas pelo Rei, Faraó ou Imperador e pela casta sacerdotal, característica do regime teocrático. Preceitos morais e normas sociais e de conduta eram impostos por desígnios superiores.

O povo grego – comerciante, navegador, audacioso, competitivo, dinâmico, ambicioso – desenvolveria a noção de que cabia ao Homem a responsabilidade e a tarefa de se organizar, de se governar e de entender a

---

[42] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

Natureza. Para tanto contribuiu seu espírito aventureiro, que o lançou ao mar em busca de terras desconhecidas, onde, para sobreviver, teria de criar condições favoráveis para o desenvolvimento social das novas colônias ou cidades-Estados (*polis*).

Na civilização helênica, a política foi obra humana, sem interferência dos deuses homéricos. O governo emanou do povo, e em seu nome foi exercido. As Leis eram de autoria de legisladores (Draco, Sólon), administradas por tribunais e corpos de jurados. Enquanto naquelas sociedades autocráticas e teocráticas a condição de súdito pressupunha uma inferioridade e uma dependência, na Grécia a atuante participação do indivíduo na vida pública refletia sua condição de cidadão, sujeito e objeto de Direito. A praça pública, onde se realizavam debates políticos, teria um papel fundamental no exercício democrático da cidadania. De acordo com declarações atribuídas a Péricles, "nossa Constituição nada tem a invejar dos outros: é modelo e não imita. Chama-se democracia, porque a maioria e não a minoria tem o poder... O progresso na vida pública depende dos méritos e não das classes; nem a pobreza, nem a obscuridade impedem um cidadão capaz de servir à cidade...". Aristóteles definiria o Homem como um animal político, na medida em que o exercício da atividade pública era obrigação e honra para o cidadão grego. Sua educação, voltada para a formação do Homem completo, fortaleceria e encorajaria o caráter laico e democrático da cultura grega. Como sintetizou o sofista Protágoras: o Homem é a medida de todas as coisas.

Assim, a tradicional visão do Mundo, oriunda dos tempos neolíticos, seria profunda e radicalmente alterada pelos filósofos gregos, que adotariam uma atitude crítica sobre as explicações e entendimentos de um Mundo governado e dirigido por divindades e entes sobrenaturais. A nova atitude foi, assim, de questionamento, de dúvidas, de indagações e de ceticismo para com as crenças predominantes. Tratava-se, portanto, do desenvolvimento de um espírito crítico, que não se satisfaria com explicações e argumentos sem fundamentação ou base plausível, lógica e racional.

O próprio politeísmo, etapa mais avançada do espírito humano que o fetichismo, seria posto em dúvida, e, até mesmo, rejeitado pela nova mentalidade que se delineava, como em Anaxágoras, Heráclito, Demócrito e Xenófanes. Bertrand Russell seria incisivo: "Na verdade, um dos traços mais notáveis dos pré-socráticos consistiu na discordância de todos para com as tradições religiosas dominantes". Passou-se a defender a utilização do raciocínio e da reflexão para encontrar as respostas lógicas aos fenômenos

naturais. As explicações com apelação para o sobrenatural e o misterioso já não satisfaziam as mentes céticas.

A grande inovação revolucionária da civilização helênica foi exatamente essa quase completa independência da Filosofia, e, por conseguinte, da Filosofia Natural, em relação aos dogmas e mitos[43]. Com os primeiros filósofos haveria uma superposição do mítico e do científico, passo fundamental na evolução do pensamento grego, empenhado em descobrir uma explicação natural para o Cosmos por meio da observação e da Razão. A explicação, com o tempo, se desfaria de seus residuais componentes mitológicos para utilizar a análise crítica em relação aos fenômenos naturais. Charles Seignobos reforçaria esse entendimento: "As crenças dos gregos diferiam pouco das dos outros povos, mas os filósofos trabalharam com espírito independente da religião, pela observação e pelo raciocínio, sem levar em conta as crenças fundadas sobre a tradição"[44].

As divindades antropomórficas dariam lugar a substâncias primárias, entidades puramente materiais – como a água, o ar, a terra e o fogo, movidas mecanicamente pelo acaso ou pela necessidade. Buscar-se-ia compreender a Natureza, e, para tanto, suas leis. Como observou Colin Ronan "... foram os gregos que não apenas colecionaram e examinaram fatos, mas também os fundiram em um grande esquema; que racionalizaram o Universo inteiro, sem recorrer à magia ou à superstição. Foram os primeiros filósofos da Natureza que formaram ideias e criaram interpretações que podiam manter-se por si mesmas, sem invocar qualquer deus para apoiar fraquezas ou obscurantismos em suas explanações"[45].

Assim, a Filosofia Natural grega representou um feito notável, separando a investigação das leis da Natureza de quaisquer questões religiosas entre o Homem e os deuses. René Taton[46] explicou, de forma clara e concisa, esse ponto: "Malgrado as divergências profundas de suas doutrinas e de suas hipóteses, os primeiros pensadores gregos podem ser legitimamente agrupados. Eles têm em comum serem os primeiros a tentar uma explicação racional do Mundo sensível, de ter proposto, sobre a estrutura da matéria e sobre a arquitetura do Universo, hipóteses desvinculadas – cada vez mais –

---

[43] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

[44] SEIGNOBOS, Charles. *História Comparada dos Povos da Europa.*

[45] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

[46] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

de dados mitológicos. Em seu apetite de explicação total, eles trataram de todas as Ciências, mas os problemas que mais lhe chamaram a atenção foram, de uma parte, a natureza das coisas, a origem da matéria, suas transformações, seus elementos últimos e, de outra parte, a forma de nosso Universo e as leis que o regem". Seignobos, já citado, esclareceu que "pela primeira vez no Mundo, foi empregado um método racional, inspirado no desejo de penetrar até o fundo das coisas e dos fatos para descobrir-lhes os caracteres próprios e as leis gerais. Este método os gregos o aplicaram à Matemática, Astronomia, Física, e mesmo à Medicina e à Política". Com Tales de Mileto se iniciaria o conceito grego de crença na força do pensamento humano para compreender e interpretar, racionalmente, o Mundo.

Até então, o Homem aceitara crença sem exigir provas ou evidências. Com os helenos se inaugurou a exigência de explicação natural, racional e coerente, germe do espírito científico. Para Harry Barnes "... os gregos emanciparam os homens do peso morto da tradição e do demônio da superstição. Deve-se-lhes a introdução do espírito científico e um modo profundamente secular de conceber a vida"[47].

Na civilização helênica, e por primeira vez na História, a Razão, contrária a tudo aquilo que não lhe fizesse sentido ou não lhe chegasse ao conhecimento por meio de adequada teorização e fundamentação, faria o contraponto ao Mito e a todas as tradicionais superstições, que continuariam, no entanto, como crença oficial e amplamente majoritária. Roberts trata desse aspecto: "... essencial foi a nova importância que os gregos deram ao racional, a uma indagação consciente a respeito do Mundo em que viviam. O fato de muitos deles continuarem sendo supersticiosos e acreditarem em magia não obscurece esta visão. A maneira com que usavam a Razão e o argumento fez com que dessem aos seres humanos um melhor entendimento do Mundo...as ideias gregas nem sempre estavam certas, mas eram mais bem trabalhadas e testadas do que as anteriores....Um dos exemplos que se destaca é a Ciência grega, totalmente diferente de qualquer tentativa anterior de abordagem do Mundo natural... de o Universo trabalhar em termos de lei e de regras, e não de deuses e demônios"[48].

Em seu estudo sobre a Ciência grega, Marshall Clagett menciona três aspectos fundamentais vinculados a esta criação helênica: i) a emergência de

---

[47] BARNES, Harry Elmer. *História Intelectual e Cultural da Civilização Ocidental* .

[48] ROBERTS, J. M. *História do Mundo.*

um espírito crítico a partir dos filósofos pré-socráticos, como a dessacralização da doença por Hipócrates; ii) o conceito da Ciência como universal e geral, (como a Geometria abstrata e teórica ou os trabalhos em Zoologia de Aristóteles), distinta de mero conjunto de regras empíricas; e iii) o desenvolvimento de uma estrita metodologia de Lógica, particularmente da Lógica dedutiva.

Ainda que se tenha beneficiado de influências de outras culturas, como as da Mesopotâmia, Egito e Micenas, para citar apenas três, deve-se ao gênio grego ter criado a Ciência como disciplina separada e independente da religião e da magia, de uma parte, e da Técnica, de outra. Na realidade, o conhecimento empírico e pragmático do Oriente divergia, fundamentalmente, da Ciência grega, teorizante e desinteressada. Nas outras grandes civilizações antigas, o desenvolvimento técnico, ou tecnológico, foi uma das características marcantes. O estágio de desenvolvimento mental desses povos refletia a estrutura político-sócio-cultural, que restringia a uma pequena elite governante o acesso ao conhecimento e interditava às demais classes sociais o aprendizado e o estudo. Impossibilitadas de pensar, de raciocinar, de analisar, de compreender e de criticar, essas sociedades se dedicaram ao mero trabalho manual, ao qual introduziram inovações e melhoramentos de forma a amenizar as tarefas diárias e aumentar sua produtividade cotidiana. A Técnica precedeu, portanto, a Ciência e, por tal motivo, o desenvolvimento tecnológico, sem embasamento teórico, foi muito lento, apesar de ter abarcado grande parte de setores das atividades humanas (transporte, energia, construção, metalurgia, agricultura, cerâmica, tecelagem, etc.). Foram tais sociedades, por assim dizer, civilizações técnicas, que continuariam e desenvolveriam, de alguma maneira, as atividades dos povos neolíticos. O método adotado era, portanto, o empírico, limitativo de um rápido e eficiente desenvolvimento técnico.

A assombrosa civilização grega diferiu, no particular, das demais civilizações contemporâneas, na medida em que seus grandes feitos foram na esfera da Filosofia, da Ciência, das Artes, do Direito e da Política. Muitos autores argumentam que os gregos desprezavam as atividades manuais, por considerá-las indignas do ser humano livre. Esta posição elitista seria uma das causas que teria impedido a aplicação da Ciência à Técnica. Platão, por exemplo, julgava um rebaixamento trocar o estudo das coisas incorpóreas e inteligíveis pelo de objetos ao alcance dos sentidos. Xenofontes escreveria que as chamadas "Arte mecânicas levam um estigma social, sendo devidamente

desprezadas em nossas cidades". Ainda, segundo Xenofontes, Sócrates considerava a Astronomia uma perda de tempo[49].

Essa tese é parcialmente correta, porquanto não podem ser desprezados os pioneiros trabalhos de Engenharia, durante o Período Helenístico, da parte de vários cientistas (Arquimedes, Ctesíbio, Herão, Filon e outros), cujas iniciativas não foram aproveitadas, por serem antieconômicas ou estarem bem adiante de seu tempo. Como afirma Marshall Clagett, seria incorreto afirmar que não havia experimentação, para a descoberta de novos fatos sobre a Natureza ou para a confirmação de teoria científica. Mesmo nos estágios iniciais da Ciência grega, nos séculos VI e V, Pitágoras e seus discípulos estabeleceram, por experimentação, a relação entre o comprimento das cordas vibrantes e a altura das notas emitidas pelas cordas; Empédocles provou, experimentalmente, a existência do ar, e discípulos de Teofrasto, no Liceu, como o físico Strato, se dedicaram à experimentação em suas investigações científicas. O Liceu, a Biblioteca de Alexandria, as escolas de Medicina e os centros de Astronomia e Física eram verdadeiros laboratórios de pesquisas. Embora tenha havido considerável atividade experimental, certamente que, comparada com a Ciência moderna, foram insuficientes a maturidade e a universalidade do uso de técnicas matemáticas e experimentais, as quais ainda não eram comumente consideradas necessárias na investigação. Antes que tais técnicas se tornassem de uso corrente, o desenvolvimento do espírito científico receberia violento golpe com o domínio político de Roma, com a ascensão do cristianismo e o recrutamento de eruditos que poderiam estar em atividades científicas e com os efeitos de forças espirituais não-críticas que assolaram a região no Período Greco-Romano[50]. Não há dúvida, por outro lado, de que a mentalidade grega, de relativo desinteresse pela aplicação prática das formulações teóricas, serviu, em compensação, para desenvolver sua capacidade de abstração, fundamental para gerar o espírito científico. Conhecimento refletido, a Ciência grega procurou utilizar e compreender os fatos, através da abstração, observação, raciocínio, análise, reflexão, conceituação, teorização.

Assim, os gregos souberam elevar seus conhecimentos a um nível muito superior, e sem paralelo, ao de todos os demais povos da Antiguidade, e fundaram uma Ciência abstrata. O desenvolvimento dos conhecimentos

---

[49] MASON, Stephen. *Historia de las Ciencias.*
[50] CLAGETT, Marshall. *Greek Science in Antiquity.*

científicos se deveu a filósofos e físicos, porquanto ambos se propunham a uma explicação abrangente do Universo. Esses estudiosos e pensadores trariam um espírito totalmente novo e revolucionário a esse processo pela compreensão do Mundo e do Homem: confiança na Razão humana.

Para o uso da Razão humana era imprescindível o conhecimento (*episteme*), a ser adquirido através de adequadas educação e instrução, um dos alicerces da cultura grega. Na realidade, ao contrário de todas as outras civilizações precedentes e contemporâneas, os gregos estabeleceram uma excelente formação para os cidadãos. A função da escola e do professor não se limitava à transmissão de informações, mas era fundamentalmente a de mentor ou orientador, para que o aluno aprendesse a pensar e a raciocinar, inculcando-lhe hábitos mentais independentes e um espírito de investigação isento das tendências e dos preconceitos do momento. A escola não descia ao nível de doutrinação[51], não asfixiando o espírito de crítica. O sistema educacional grego – Paideia – consistia, basicamente, de Ginástica, Gramática, Retórica, Poesia, Música, Matemática, Geografia, História Natural, Astronomia e Ciências físicas, História da Sociedade, Ética e Filosofia, o que a tornava curso pedagógico necessário para produzir o cidadão completo, plenamente instruído[52]. A ginástica e os jogos (proibidos pelo cristianismo) tinham um papel relevante na cultura grega para a formação do cidadão.

A importância dada à aquisição do conhecimento se refletia nas diversas instituições criadas ao longo do tempo nos diversos campos: a Academia (388) de Platão, o Liceu (335) de Aristóteles, os Jardins de Epicuro, a Biblioteca e o Museu (cerca de 290) de Alexandria, as quatro Escolas de Medicina (jônica, de Abdera, de Alexandria e de Agrigento), as duas Escolas de Matemática (Atenas, Alexandria), os dois centros de estudos médicos (Cós e Cnido), os centros de estudos de Astronomia, Física e Geografia. Acrescente-se, ainda, a publicação e a divulgação de obras de cunho científico e filosófico, criando, assim, uma efervescência intelectual e cultural até então desconhecida. A propósito, é bom ter presente que a própria mitologia dava a maior importância à inteligência, a ponto de a deusa preferida de Zeus ser sua filha Palas Atenas, nascida da cabeça de seu pai, patrona da sabedoria, do conhecimento e da inteligência; na mitologia romana Palas Atenas recebeu o nome de Minerva.

---

[51] RUSSELL, Bertrand. *História do Pensamento Ocidental.*

[52] TARNAS, Richard. *A Epop*eia *do Pensamento Ocidental.*

De tal atitude mental e intelectual, decorreriam: 1) as várias correntes filosóficas (jônica, pitagórica, atomista, eleática, sofista, estoica, platônica, aristotélica, cética, epicurista), numa demonstração de grande capacidade especulativa, e 2) as diversas Ciências (Matemática, Astronomia, Mecânica, Óptica, História Natural, Medicina), fruto do pensamento científico, surgido da mentalidade inquisitiva e racional.

Nesse desbravamento de um terreno totalmente inexplorado, até então, como o da Filosofia, o extraordinário esforço mental grego se dirigiu para a busca de uma resposta convincente, lógica, racional para os mistérios do Universo. Para tanto, a maioria dos filósofos dedicou-se, igualmente, ao exame dos fenômenos naturais, procurando fundamentar suas teses e doutrinas. Assim, Ciência e Filosofia estão na base dessa busca helênica por uma explicação racional e lógica do Universo e da Vida. Elas se entrelaçavam e se autoinfluenciavam, sem significar, contudo, que todas as doutrinas filosóficas tenham contribuído positivamente para o progresso da Ciência e do pensamento científico. Se não houve significativo aporte de filósofos como Hecateu, Melisso, Diógenes e Sócrates, outros, como Tales (Matemática, Física, Astronomia, Cosmologia), Pitágoras (Matemática, Cosmologia), Aristóteles (História Natural, Biologia, Cosmologia, Física) e Epicuro (Física, Cosmologia) têm posição fundamental na História da Ciência. Filosofia e Ciência, duas criações gregas, só viriam a ser cultivadas separadamente a partir de Aristóteles, devido às crescentes complexidade e extensão temáticas (Euclides, Apolônio, Arquimedes, Hiparco, Eratóstenes, Ctesíbio, Herão, Ptolomeu, Herófilo, Erasístrato, Dioscórides, Galeno).

Cultivados em diversas partes do mundo helênico, os diversos ramos da Filosofia Natural teriam um extraordinário desenvolvimento num período de tempo relativamente curto. No dizer de René Taton, "a rapidez surpreendente de seus progressos (justa recompensa de sua ambição desinteressada e de seus fins teóricos) evidenciou sua superioridade sobre a ciência oriental, sem necessidade de proceder a uma minuciosa confrontação de seus resultados"[53]. Mesmo consideradas separadamente, e apesar de suas diferenças e suas particularidades, as diversas Ciências tiveram o mesmo progresso na esfera da explicação, a equivalente pesquisa das causas, a igual redução dos fatos a um número pequeno de princípios e a consequente passagem do Mito à procura do entendimento lógico dos fenômenos naturais.

[53] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

Criadores e cultivadores da Filosofia, das Ciências, das grandes Artes, do Direito, da Lógica e de tantas outras manifestações do espírito humano, os gregos, em consequência, seriam capazes de desenvolver, no prazo de oito séculos, uma cultura *sui generis*, diferente de todas as demais, com base no raciocínio para explicação dos mistérios do Universo e da Natureza.

2.1.3 O Pensamento Científico na Grécia

Uma pergunta recorrente nos livros de História das Ciências é a: por que surgiu na Grécia, e não em qualquer outro lugar, esse espírito crítico, inquisitivo? O que de extraordinário ocorreu naquela parte oriental do Mediterrâneo, para transformar a civilização helênica no maior centro cultural, científico, filosófico e artístico da Antiguidade e berço da civilização ocidental? Como explicar o que alguns autores de séculos passados costumavam chamar de o milagre grego?

Todos os historiadores da Ciência se deparam com esta dificuldade inicial de explicar o surgimento do pensamento científico na cultura grega, tanto que não há unanimidade nem consenso, a respeito, apesar da convergência nas explicações. Alguns autores enfatizam elementos culturais, outros priorizam fatores econômicos, outros, ainda, preferem argumentos de ordem política, e até a geografia é citada como fator preponderante no desenvolvimento mental e intelectual do povo grego.

Para Maurice Meuleau[54], as proezas técnicas gregas, comparadas com as dos impérios orientais, eram bastante modestas, e, depois do século VI, nenhuma inovação técnica de monta surgiria, até o final do Mundo Antigo. A cultura científica não poderia contar, assim, com o progresso e o desenvolvimento técnico, mas se beneficiaria do extraordinário desenvolvimento da vida intelectual. “Pode-se invocar o gênio grego, resultante do equilíbrio e da razão”, que soube dar os meios indispensáveis a esse progresso: a difusão da escrita, que não se limitou às classes privilegiadas, e que permitiria a rápida difusão do conhecimento a um mundo mais amplo, e não restrito ao mundo sacerdotal. O desenvolvimento do pensamento grego pode, assim, escapar à influência dos templos. O saber avançou pelas escolas dispersas da Jônia à Magna Grécia e agrupados em torno dos mestres, independentes dos santuários e do Estado, se formariam círculos de alunos e

---

[54] MEULEAU, Maurice. *Le Monde et son Histoire.*

discípulos; a individualidade se afirmaria pela primeira vez: manifestações de individualismo, características de uma vida intelectual que escaparia do peso das tradições e dos conhecimentos revelados.

Para Martin Stevers[55], uma plêiade de homens ilustres moldou, no século VI, os contornos do pensamento nacional. Foram os sete sábios da Grécia (Tales, Sólon, Periandro, Pitaco, Cleóbulo, Bias e Quilon); desses, apenas Tales era filósofo e matemático, mas todos eram estadistas (Pitaco, Periandro), humanistas (Tales, Cleóbulo), legisladores (Bias, Sólon, Quilon). O notável dessa lista é que todos granjearam fama pela forma eficiente e sábia com que procuraram resolver os problemas políticos (Atenas, Priene, Mitilene, Esparta, Rodes, Siracusa, Corinto). Os helenos, que haviam destruído a cultura de Micenas, se viram na necessidade de construir algo em substituição da cultura esmagada, de conceber novas ideias. O processo se manifestou primeiro nas ilhas do Egeu e da Jônia e nos estados ribeirinhos, que se dedicariam ao comércio marítimo, estabelecendo contactos com outros povos.

Richard Tarnas entende que "o desenvolvimento do autogoverno democrático e dos avanços técnicos na agricultura e na navegação expressavam e estimulavam o novo espírito humanista". As especulações filosóficas se coadunavam com a vida intelectual da cidade que se movia "de encontro ao pensamento conceitual, à análise crítica, à reflexão e à dialética"[56].

De acordo com A. C. Crombie, os gregos inventaram a Ciência Natural ao buscar a permanência inteligível e impessoal que existe no Mundo cambiante, e ao descobrir a brilhante ideia do uso generalizado da teoria científica, e propuseram a ideia de supor uma ordem permanente, uniforme, abstrata, da qual se poderia deduzir o Mundo mutável da observação. Os mitos foram reduzidos à condição de teorias, e suas entidades recortadas às exigências da previsão quantitativa. Com esta ideia, da qual a Geometria foi o paradigma, a Ciência grega deve ser considerada como a origem de tudo que se seguiu, constituiu o triunfo da ordem trazida pelo pensamento abstrato ao caos da experiência imediata, e continuou sendo característica do pensamento grego o interesse principal pelo conhecimento e compreensão, e apenas secundariamente, o interesse pela utilidade prática[57].

---

[55] STEVERS, Martin. *A Inteligência através dos Séculos.*
[56] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*
[57] CROMBIE, A. C. *Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo.*

Segundo o já citado Colin Ronan, "não parece haver razão geográfica ou racial para que isso acontecesse; tudo que se pode dizer é que ali havia colonizadores vivendo em um novo ambiente político, de sua inteira criação, não imposta de fora, em uma área que também era nova para eles. Eles tendiam a fazer perguntas e procurar respostas, o que não teriam feito caso se tivessem estabelecido em um modo de vida tradicional... além disso a Jônia era uma área de comércio, foco de mercadores do Leste e do Sudeste do Crescente Fértil e de mais além, do Irã, da Índia e até da China. Os jônicos viviam, então, em um ambiente estimulante".

Pierre Rousseau[58] argumentaria que, enquanto a Grécia peninsular estava ainda envolvida em guerras intermináveis, a região do mar Egeu e do mar Jônico desenvolvia-se graças ao comércio e às influências das regiões vizinhas. Cidades importantes resplandeciam no século VI, como Mileto, Éfeso, Colofon, Priene, Teo, Clazômenas, bem como as ilhas Quíos, Samos, Cós, Rodes. O saber egípcio e babilônico se infiltraria pouco a pouco na Jônia, encontrando aí um ambiente propício para se desenvolver. As cidades gregas eram independentes umas das outras, a expansão colonial tinha feito surgir uma classe e um espírito novos; a democracia sentou raízes. Nada poderia impedir o jogo da livre crítica, que redundaria em explorar as forças da Natureza, expulsando a feitiçaria. "Sonha-se purgar o Mundo de todos os agentes ocultos". Harmonia e simplicidade seriam características do gênio grego. Assim, o espírito dos jônicos, favorecido pela liberdade de que gozavam, iria atuar sobre os acontecimentos oriundos do Oriente, e, pela lógica e busca da harmonia, imprimir à Ciência seu impulso primeiro.

Marshall Clagett, além de reconhecer a importância de fatores sociais, da mentalidade comercial do povo e da mudança mitológica (da Cosmogonia dos tempos heroicos para uma explicação natural do Cosmos), relaciona outros fatores para explicar o milagre grego; a passagem da Idade do Bronze para a do Ferro, isto é, a Grécia, como civilização da Idade do Ferro, teria condições, com as novas técnicas e instrumentos, de melhor competir no comércio com as monarquias do Oriente Próximo, e o desenvolvimento do alfabeto teriam sido fatores cruciais para as extraordinárias conquistas[59].

---

[58] ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de la Science.*
[59] CLAGETT, Marshall. *Greek Science in Antiquity.*

Outros autores, como Rubin Aquino[60], sugerem que as antigas civilizações do Oriente, por se caracterizarem como sociedades agrárias, eram, por sua natureza rústica, opressivas, fechadas, extremamente hostis ao desenvolvimento do pensamento racional; para elas "o pensamento mítico bastava para satisfazer às necessidades de explicações dos fenômenos daqueles homens voltados para o duro trabalho do dia-a-dia". As condições para a passagem do Mito à Razão, ou seja, para o advento do pensamento racional, se deram, pela primeira vez, com o surgimento da *polis* grega. Um conjunto de condições a tornava mais própria ao desenvolvimento científico: a facilidade para viajar, o contacto com povos diferentes, a divisão do trabalho, a moeda cunhada, garantida pelo Estado, e o desenvolvimento comercial.

Para Condorcet, "ali (Grécia) as Ciências não podiam ser a ocupação e o patrimônio de uma casta particular; as funções de seus sacerdotes se limitaram ao culto dos deuses. Ali o gênio podia desdobrar todas as suas forças, sem estar sujeito a observâncias pedantes, ao sistema de hipocrisia de um colégio sacerdotal. Todos os homens conservavam um direito igual ao conhecimento da verdade. Todos podiam procurar descobri-la para comunicá-la a todos, e comunicá-la por inteiro. Essa circunstância feliz, mais ainda que a liberdade política, deixava ao espírito humano uma independência, garantia segura da rapidez e da extensão de seus progressos".

Horta Barbosa escreveu: "Condições geográficas, econômicas e históricas favoráveis permitiram a essa nação realizar transformações em todos os campos da vida social, sem as quais o progresso geral da Humanidade ter-se-ia retardado de muitos séculos. Dentre os complexos e variados fatores desse chamado "milagre grego", é fácil assinalar a rápida libertação, a partir de Homero, tanto das atividades práticas quanto das criações do espírito, das peias e rígidos moldes impostos pelos velhos regimes teocráticos... Os poderes temporal e espiritual, fundidos e imóveis em outros povos, por representarem a vontade eterna e sagrada dos deuses, a tudo regulavam e controlavam, impossibilitando, ou melhor, freando as liberdades, as mudanças e transformações que constituíam o progresso... o pequeno povo heleno agia, nos campos prático e teórico, com excepcional autonomia e individualismo, os governos políticos e religiosos eram fragmentários e débeis, a casta sacerdotal, absorvida ou submetida aos militares, colônias e núcleos distantes um dos outros e de reduzida população, vida marítima,

---

[60] AQUINO, Rubim et al. *História das Sociedades.*

relativo isolamento em relação aos grandes impérios, tais alguns fatores do "milagre grego"".

Na introdução do ítem *Pré-Socráticos*[61], consta o comentário de que "a partir do século V... cedeu lugar a uma nova e mais radical forma de pensamento racional, que não partia da tradição mítica, mas de realidades apreendidas na experiência humana cotidiana. Fruto da progressiva valorização da "medida humana" e da laicização da cultura efetuada pelos gregos, despontou, nas colônias da Ásia Menor, uma nova mentalidade, que coordenou racionalmente os dados da experiência sensível, buscando integrá-los numa visão compreensiva e globalizadora. Dentro desse espírito surgiram, na Jônia, as primeiras concepções científicas e filosóficas da cultura ocidental, propostas pela Escola de Mileto".

O extraordinário desenvolvimento desse pensamento racional e científico ocorreu com um povo que habitava uma região completamente diferente de outras, onde floresceram importantes civilizações, como as do Egito, da Mesopotâmia, da Índia e da China. Pode-se considerar, mesmo, que as condições de relevo e solo, pouco favoráveis ao desenvolvimento agrário (baixas produtividade e fertilidade, técnica rudimentar), dificultariam o assentamento de uma população numerosa e agrícola na Hélade, antigo nome da Grécia.

A agricultura, praticamente para consumo local, se concentrava na vinha, na oliveira, em alguns cereais (de forma insuficiente), na figueira; as pastagens e as florestas tinham, igualmente, baixa rentabilidade. Essa seria a principal razão da dieta frugal do grego antigo. Os pouco férteis e úmidos vales e planícies, separados por montanhas, explicam o relativo isolamento em que viviam as populações dessas áreas, pelo que desenvolveriam um forte sentimento de devoção à Cidade-Estado (*polis*), entidade política independente e autônoma, verdadeiro centro comunitário, mas de proporções reduzidas, se comparadas com centros urbanos de outras civilizações antigas (China, Índia); a unificação da Grécia num Estado não seria obtida pelos gregos na Antiguidade, devido às rivalidades entre as diversas cidades-Estados.

As vocações do povo seriam, assim, o mar (navegação marítima) e o comércio, e nessas atividades os gregos foram eficientes, ativos e competentes. Na falta de uma agricultura que pudesse abastecer a crescente população, a

[61] PESSANHA, José Américo. *Coleção Os Pensadores - Pré-Socráticos.*

solução foi a emigração, com fins de colonização, para as ilhas do mar Egeu, Ásia Menor, litorais do Mar Negro (Ponto Euxino) e do mar de Mármara (Propôntida), Norte da África, Sicília e Sul da Itália, Sul da Gália e da Península Ibérica.

A primeira expansão colonizadora, espontânea, foi no Período Histórico denominado de Homérico (1150-776), com a fundação de centenas de colônias, chamadas *apoéquias*.

A segunda onda colonizadora (séculos VI e V), planejada e executada pelos governos das *polis*, fundou, igualmente, um grande número de colônias, agora chamadas *clerúquias*. Calcula-se em 700 o número das colônias (cidades-Estado) gregas espalhadas pelo Mediterrâneo, Ásia Menor e mar Negro, que, com a Grécia continental, formavam o mundo grego, integravam a civilização helênica e serviam como postos avançados para a propagação da sua cultura e de seu modo de vida. Não se pode deixar de enfatizar o papel da maior importância que essas *polis* tiveram na formação, desenvolvimento e divulgação do pensamento e do espírito gregos, tanto na Filosofia, quanto nas Ciências. O intenso comércio entre essas colônias traria prosperidade à região, ao mesmo tempo em que tais frequentes contactos mantiveram vivos os laços que os identificavam como membros de uma mesma e grande comunidade helênica. A língua, a cultura, a religião, a história e os interesses faziam que habitantes de colônias tão distantes, como Cumes, na Itália, Siracusa, na Sicília, Mileto, na Jônia, Cirene, na Líbia e Teodósia, no mar Negro, se sentissem parte da mesma nação grega, ainda que rivalidades e constantes confrontações armadas impedissem uma aliança política tendente à unidade administrativa do mundo helênico.

As mais importantes e significativas colônias (*polis*)[62], estabelecidas ao longo das costas do Mediterrâneo e do mar Negro até a Península Ibérica, donde se irradiaria para outras regiões a cultura grega, foram:

I - Mar Negro (Ponto Euxino): Fasis, Sinope, Odessa, Teodósia, Istros, Apolônia, Olbia, Callatis, Tomi, Cruni, Heracleia, Tomol, Megara;

II - Mar de Mármara (Propôntida): Bizâncio, Lâmpsaco, Cízico, Calcedônia, Selymbria, Sestos;

III - Ásia Menor: (Eólia) Ábidos, Lesbos, Mitilene; (Jônia), Mileto, Éfeso, Priene, Esmirna, Clazômenas, Pérgamo, Colofon; (Dórida), Halicarnasso, Cnido;

---

[62] LEVI, Peter. *Cultural Atlas of the Greek World.*

IV - Grécia Insular: Quíos, Naxos, Samotrácia, Cós, Rodes, Delos, Chipre, Samos, Creta;

V - Trácia: Abdera, Estagira, Potideia;

VI - Sul da Itália: Tarento, Crotona, Metaponto, Cumes, Ísquia, Nápoles, Eleia, Posidônia, Sibaris, Locres;

VII - Sicília: Siracusa, Agrigento, Naxos, Catânia;

VIII - Sul da França: Marselha, Nice, Atenópolis, Olbia, Emporion;

IX - Sul da Espanha: Tarragona, Empória, Sagunto;

X - Norte da África: Líbia – Cirene, Apolônia; Egito – Naucratis.

A Cultura grega se espalharia, ainda mais, por vastas extensões da Ásia, após as fulminantes vitórias militares de Alexandre. Cidades foram fundadas, como Alexandria, sendo que a colônia mais afastada da Grécia continental talvez tenha sido Ay Khanoum, no Afeganistão, próxima da fronteira com a China.

2.1.4 Evolução da Ciência Grega

Apesar do inevitável arbítrio ao estabelecer divisões temporais, é importante, para fins expositivos, dividir em períodos o relevante processo da evolução do pensamento científico e da Ciência gregas entre aproximadamente 600 antes da Era cristã e o final do século III. Quatro períodos podem ser estabelecidos: i) o primeiro abarca os séculos VI e V, caracterizado pelo chamado Período da Filosofia Pré-Socrática, no qual a Filosofia se orienta para compreender os fenômenos naturais pela investigação intelectual; ii) o segundo Período corresponde ao século IV, época das Escolas de Platão, Aristóteles e Epicuro, além das contribuições importantes de Anaxágoras, Empédocles, Parmênides, Leucipo, Demócrito, Hipócrates, Alcmeon, Arquitas, Eudoxo, Teofrasto; iii) o terceiro, chamado de Helenístico, do século III até 146 (ano da conquista da Grécia por Roma), caracterizado pela preeminência do cientista sobre o filósofo, fundação da Biblioteca e do Museu de Alexandria, e época de Arquimedes, Euclides, Apolônio, Aristarco, Eratóstenes, Hiparco, Herófilo, Erasístrato; e iv) o quarto, Greco-Romano, de 146 até final do século III, invenções mecânicas (Ctesíbio, Herão, Filon), anexação do Egito (Alexandria), como província, ao Império Romano (31), decadência cultural, mas de expansão geográfica via Império Romano, época de Dioscórides, Ptolomeu, Possidônio, Sosígenes, Galeno, Diofanto, Teon,

Pappus, misticismo, gnosticismo, neoplatonismo, Ciências ocultas (Alquimia, Astrologia).

Embora a Ciência grega tenha sobrevivido por mais alguns séculos, para efeitos da História da Ciência os Períodos relevantes são os do final do século VI até o final do Período Greco-Romano, tema a ser desenvolvido no atual capítulo. A Ciência grega, nos séculos imediatamente subsequentes, será tratada num capítulo em separado, por corresponder a um período de seu definitivo declínio e eventual rejeição e abandono por uma nova e emergente Sociedade.

A fase áurea da civilização grega correspondeu aos períodos entre os séculos VI e II, sendo que alcançaria seu apogeu na época de Arquimedes. As contribuições geniais, extraordinárias e pioneiras de cientistas do quilate de Tales, Pitágoras, Hipócrates, Aristóteles, Eudoxo, Arquitas, Teofrasto, Euclides, Herófilo, Erasístrato, Aristarco, Arquimedes, Eratóstenes, Apolônio e Hiparco, nos campos da Matemática, Astronomia, Mecânica, Óptica, Ciências naturais e Biologia elevaram o conhecimento humano a patamares até então desconhecidos por civilizações anteriores e contemporâneas, e serviriam, séculos mais tarde, após longo esquecimento, rejeição ou incompreensão, de guia e inspiração do chamado Renascimento científico.

O declínio da Grécia continental começou a ser transparente desde o século II (Período Greco-Romano), devido à concorrência estrangeira a seus produtos agrícolas, artesanais e industriais, com reflexos negativos nas atividades produtivas e comerciais, à redução das atividades portuárias em cidades-chave, como Rodes, Delos, Atenas, Corinto e Pireu, à ausência de progresso técnico e desinteresse pelo trabalho manual, à falta de união e cooperação entre as cidades-Estados, à sua subjugação pela Macedônia de Felipe e Alexandre, à fundação e desenvolvimento de Alexandria, que se transformaria rapidamente em grande centro comercial e cultural, graças a incentivos oficiais e ao total comprometimento dos governantes em transformá-la na mais resplandecente cidade do Mundo[63]. A decadência da cultura grega se agravaria e se precipitaria com a dominação romana, em 146, depois da queda de Corinto. No momento em que Roma conquistou a Grécia, no século II, explica Tarnas, o vigor da cultura helênica se estiolava, deslocado pela visão mais oriental da subordinação do ser humano às forças avassaladoras do sobrenatural[64]. Ganhariam público

[63] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*
[64] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

os movimentos místicos e o ocultismo; a Alquimia e a Astrologia se espalhariam pelo vasto território do Império Romano; cresceria o desinteresse pelo estudo da Filosofia Natural.

A civilização helênica perdeu, por essa época, seu grande impulso criador nos diversos campos científicos. O declínio intelectual e criador de Alexandria e da civilização helênica é, evidentemente, devido a diversas causas, que afetariam a Ciência, de um modo geral. A virtual paralisação das pesquisas biológicas em Alexandria, a partir do século II, correspondeu, em termos cronológicos, ao declínio, igualmente, nos estudos e pesquisas em outros ramos da Ciência, como na Matemática, na Astronomia e na Física.

Foi, conforme explica Beaujeu, em *La Vie Scientifique*[65], "a época que a atividade criadora começou a sentir um grave e duradouro eclipse; as disciplinas científicas recuavam em proveito da Filosofia e da erudição. Este declínio se manifestava mesmo na atitude em face dos problemas da Ciência; a partir do II século a.C. a sedução do irracional sob formas diversas começa a exercer estragos até nos meios interessados no conhecimento do Mundo: as Ciências ocultas, a Astrologia, sobretudo, fazem concorrência com as Ciências da Natureza, enquanto que a magia se opõe ou se mistura com a Medicina; tende-se a confundir, com toda a inocência, fato observado e o prodígio fabuloso, a explicação racional e a falsa chave misteriosa, a investigação científica e as divagações desordenadas".

A desorganização política e social, os problemas econômicos e as influências desestabilizadoras e atrasadas de outras culturas teriam um impacto tremendo na cultura helenística, centrada, agora, em Alexandria. O mundo grego encontrava-se conquistado, submetido, enfraquecido, desmembrado pelos conquistadores romanos; a crise era generalizada e abrangente, tanto na Grécia continental e insular quanto nas demais áreas (como Alexandria, cidades na Península Itálica). Péssimos governos se sucederiam, no Egito, aos primeiros Ptolomeus, inclusive pela falta de interesse na cultura e de apoio ao Museu. O apogeu científico alexandrino era, agora, coisa do passado; o espírito científico entraria em recesso. A inquietação intelectual, o espírito crítico, a pesquisa objetiva e sistemática cederiam lugar a uma retomada de práticas antigas, nas quais as crenças e o sobrenatural prevaleceriam na explicação do Universo e dos fenômenos.

---

[65] GIORDANI, Mario Curtis. *História de Roma.*

Aos progressos alcançados, por exemplo, na Biologia e na Astronomia, novas atitudes e percepções iriam retardar o avanço científico nessas áreas: na Biologia, a proibição à dissecação e à autópsia, e a perseguição aos infratores dificultariam e, até mesmo, impediriam os cientistas de melhor conhecer o corpo humano e as funções de seus diversos órgãos. Hipócrates, Herófilo e Erasístrato, figuras superlativas na História da Medicina, seriam criticados e combatidos, mas recuperados apenas muitos séculos adiante, quando o espírito científico voltaria a presidir os trabalhos de pesquisa na Biologia e na Medicina; na Astronomia, as descobertas e estudos de Aristarco, Eratóstenes e Hiparco seriam parcialmente aproveitados por Ptolomeu, autor do *Almagesto*, sem o brilhantismo daqueles predecessores. O Sistema de Ptolomeu dominaria a Astronomia por cerca de mil e duzentos anos, quando o caminho, apontado por Aristarco, só voltaria a ser trilhado por Copérnico.

A submissão da Magna Grécia e de outros territórios da África, Ásia Menor e Europa transformariam Roma na nova potência dominadora de toda a região mediterrânea e de boa parte da Europa ocidental, impondo suas leis e seu modo de vida aos povos subjugados.

A cultura grega sofreria, então, novo e forte golpe, porquanto à submissão política e econômica, seguiriam a perda de seu poder criador e as influências negativas e perversas (Alquimia, Astrologia) de outras culturas. A esse período de decadência corresponderia, contudo, a ampla divulgação e imposição da cultura grega no imenso Império Romano, em particular nas suas províncias no continente europeu. A cultura grega prevaleceria no mundo romano, tanto no domínio das Artes (Teatro, Literatura, Pintura, Escultura) quanto no da Filosofia Natural (Matemática, Astronomia, Física, Biologia, Medicina)[66]. Deste modo, se não foi possível à Grécia manter seu extraordinário nível cultural, prosseguindo no desbravamento do campo científico, inclusive com a divulgação e aprimoramento do espírito científico, seu invejável acúmulo de conhecimentos, ao menos, seria incorporado pelos romanos à sua cultura tradicional, preservando-o, assim, de total abandono e esquecimento, o que teria resultado em uma perda irreparável para os séculos futuros. O mundo helênico fora, portanto, conquistado e subjugado pela nova potência, Roma, a qual buscaria absorver e difundir *urbi et orbi* a cultura grega, embora num novo contexto pouco favorável ao desenvolvimento da Ciência.

---

[66] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

Sem mais o fulgor de antes, a contribuição helênica ainda seria muito importante à Ciência, como atestam as obras de Dioscórides, Ptolomeu, Herão, Filon, Galeno, Diofanto, Pappus, Teon e outros.

Aos sábios e gênios, sucederiam pesquisadores medíocres, cientistas de segunda ordem, sem contribuição importante para o desenvolvimento da Ciência. Meros seguidores de seus ilustres antecessores, alguns se notabilizariam por copiar e divulgar os ensinamentos dos mestres. Nos centros de estudo e nas diversas Escolas, os professores e os estudantes, em número cada vez menor, não teriam condições, nem incentivos para preservar o espírito científico, um dos galardões da extraordinária civilização grega.

Ainda que o Museu e a Biblioteca de Alexandria tivessem continuado a funcionar após a conquista romana, a notável pesquisa original decaiu em qualidade e quantidade; o ensino das várias disciplinas já não atraía maior interesse, tanto pelo desprestígio da Ciência quanto da Escola. Inspirado no Liceu de Aristóteles, o Museu de Alexandria era dotado de jardins botânico e zoológico, observatório astronômico, salas para aulas e uma Biblioteca com mais de 500 mil rolos de papiros; cerca de cem professores ensinavam, custeados pelo Estado, nessa primeira Universidade do Mundo[67]. O resultado final desse processo perverso foi o declínio paulatino da cultura helênica, até o ponto de ser perseguida pelas autoridades políticas e religiosas daqueles novos tempos.

A Biblioteca, parcialmente queimada pelas legiões de Júlio César, foi danificada por diversas invasões e insurreições. Em 269, a Biblioteca foi novamente queimada por ordem de Zenóbia, Rainha de Palmira, quando conquistou o Egito.

É evidente que a cultura grega prosseguiria pelos séculos seguintes, ainda que em declínio e em desprestígio, devido, em parte, pelas novas ideias que começavam a prevalecer e a forjar uma nova Sociedade. A crescente popularidade do cristianismo, uma nova religião monoteica, reconhecida oficialmente no século IV e tornada oficial do Império, no século V, viria a se impor, em definitivo, em todas as regiões do vasto Império Romano, criando uma situação insuportável para o desenvolvimento do espírito científico e do racionalismo grego. Diante de um ambiente político e cultural hostil, a Filosofia Natural viria a ser abandonada e esquecida, por desnecessária e perigosa, cedendo lugar a um conhecimento revelado, dogmático e absoluto.

---

[67] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

Na partilha do Império Romano (395), por Teodósio, coube a seu filho Arcádio, entre outros territórios, a Grécia, a Macedônia, a Capadócia, a Síria, a Ásia Menor, a Mesopotâmia e o Norte do Egito (Alexandria). Criado, assim, o Império Romano do Oriente, continuaria a prevalecer, contudo, nessa parte da Europa oriental, até o final do reinado de Justiniano (565), a cultura greco-romana, apesar do desaparecimento do Império Romano do Ocidente, em 476. Nesse conturbado Período, o Museu de Alexandria foi atacado, em 415, por uma multidão instigada por Cirilo, bispo daquela cidade, "que patrocinava a ortodoxia contra aqueles que consideravam cristãos heréticos e contra os ensinamentos pagãos. Hipácia, matemática, filósofa neoplatônica e dirigente do Museu, foi brutalmente assassinada por monges..."[68]. A Academia de Platão, bem como as demais Escolas pagãs, seria fechada em 529, por ordem de Justiniano.

O cristianismo, religião oficial em ambos os Impérios, tinha, porém, dois chefes, o Bispo de Roma e o Patriarca de Constantinopla, o que geraria, ao longo dos séculos, um grande número de disputas, divergências, debates teológicos e de jurisdição, e, finalmente, o cisma.

2.1.5 Filosofia e Ciência

O primeiro Período da Filosofia Natural corresponde aos séculos VI e V, dos chamados filósofos pré-socráticos.

Filosofia e Ciência (Filosofia Natural) estavam intimamente associadas, em seu início, pelo que se torna imperativo esboçar, na História da Ciência, uma visão geral das especulações filosóficas helênicas na busca do conhecimento e da compreensão dos fenômenos do Universo. A observação sistemática e crítica, o espírito inquisitivo e racional e a capacidade de abstração revelaram não serem desconexas, nem arbitrárias, as contínuas e frequentes modificações e alterações no Mundo e no Homem, e que tais fenômenos deveriam ser vistos como naturais, sem recurso ao transcendental e ao sobrenatural. A adoção de uma interpretação naturalista, sem abandonar totalmente explicações mitológicas, representou um marco decisivo na evolução do pensamento humano, por seu significado e repercussões no desenvolvimento da Ciência. Surgiu, assim, no dizer de Horta Barbosa, a "ideia de pesquisar as relações de compatibilidade e racionalidade acaso

[68] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

existentes entre conhecimentos até então concebidos como desconexos". Impossível, pois, isolar completamente a evolução das Ciências da evolução paralela da Filosofia. Os filósofos ofereceriam explicações naturalistas para os fenômenos naturais sem apelar para a intervenção do sobrenatural. Os filósofos sustentariam um Mundo ordenado, previsível, denominado Cosmos, em que as causas dos fenômenos deveriam ser buscadas na natureza das coisas; esse Cosmos substituía, assim, o caos", submetido aos caprichos dos deuses, que deixam de ter qualquer papel na ocorrência dos fenômenos.

2.1.5.1 Tales

Há consenso de Tales de Mileto (624-558) ter sido o primeiro, cronologicamente, na formulação, adoção e aplicação do espírito científico em seus estudos e observações. Estadista, filósofo, matemático e astrônomo, Tales foi o primeiro filósofo grego (cognominado por muitos como o pai da Filosofia), pioneiro do espírito científico e principal representante da chamada Escola jônica, também conhecida como Hilozoísta. Por defenderem a vida e a atividade como inerentes à matéria, sem o concurso de forças externas incutidas nela pelas divindades, seus adeptos eram chamados de fisiólogos ou observadores da Natureza, e, como tais, subordinavam o pensamento às indicações do sentido comum. Observando as mudanças constantes do meio cósmico, chegaram os fisiólogos à conclusão de que tudo derivava de um elemento primordial ou causa material, que para Tales era a água, explicação física natural para quem, tendo viajado pelo Egito, testemunhara os efeitos das inundações do Nilo na terra estéril. Assim, Tales não lançava mão de um deus responsável pela fertilidade da terra. Com esse raciocínio, explicou os terremotos, usando sua ideia da Terra flutuante. Foi Tales o primeiro a demonstrar as qualidades do pensamento científico, ao fornecer explicações naturais, e não sobrenaturais, sobre o Mundo, e ao tentar deduzir da observação e da experiência as teorias subjacentes dos fatos[69]. A questão primordial não é o que sabemos, *mas como o sabemos*, surgindo a primeira tentativa de explicar racionalmente o Universo.

Na Astronomia, defendeu Tales o conceito de a Terra ser plana, em forma de disco que flutuava na água. O Sol, a Lua e as estrelas seriam vapores incandescentes que navegavam pelo firmamento gasoso, mergulhando no

---

[69] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

poente para reaparecer no nascente. Segundo Heródoto, teria Tales previsto o eclipse solar de 28 de maio de 525, o que é apontado como evidência a mais de que tais fenômenos seriam naturais, e não resultantes de intervenções de divindades. Em Geometria, foi, igualmente, pioneiro, com a formulação de teoremas e a racionalização de vários princípios, concebendo um método de calcular a distância dos barcos à costa. Famoso ainda em vida, foi o filósofo considerado, por seus conterrâneos, um dos Sete Sábios da Grécia.

Sucedeu-lhe como chefe da Escola jônica Anaximandro (611-547), matemático, geógrafo, astrônomo, filósofo e político, mas cujas obras se perderam. Escreveu *Sobre a Natureza*, primeira obra filosófica em grego, da qual sobraram poucos fragmentos. Confeccionou um mapa do Mundo habitado e introduziu o uso do *gnomon* (esquadro). Ampliando a visão de Tales, foi o primeiro a "formular o conceito de uma lei universal presidindo o processo cósmico total"[70]. Para Anaximandro, o *apeiron* (ilimitado, indeterminado), não a água de Tales, seria o princípio e o elemento das coisas existentes; foi o primeiro a usar a noção de princípio. O *apeiron* estaria animado por um movimento eterno, que teria ocasionado a separação de uma semente (grão), origem do Cosmos, que pulsaria como um ser vivo. A partir daí, tudo se formaria.

Segue-lhe Anaxímenes (550-475), também de Mileto, que defendeu a rarefação e a condensação do vapor (*pneuma*) como a origem de tudo. A formação da chuva ilustra a condensação do ar para formar a água; a água se condensa até se solidificar como gelo, e, inversamente, o ar se formaria pela rarefação, a partir da água quando se evapora. Todas as coisas provêm de uma substância primordial única, por um duplo processo mecânico de condensação e rarefação do ar, ilimitado.

A Escola jônica rejeitaria, assim, a causalidade sobrenatural, considerando que se poderia e se deveria dar explicações naturais a uma série de fenômenos[71].

2.1.5.2 Pitágoras

Pitágoras (580-497), de Samos, cidade da Jônia, estabeleceu-se em Crotona, na Península Itálica, onde fundou uma espécie de sociedade de

[70] PESSANHA, José Américo. *Coleção Os Pensadore - Pré-Socráticos.*
[71] LLOYD, Geoffrey. *Une Histoire de la Science Grecque.*

cunho religioso, cujas doutrinas eram mantidas em segredo, mas dedicada à prática do ascetismo e ao estudo da Matemática. Acreditava na transmigração das almas e na reencarnação; adepto de Apolo Delfos, deus dos oráculos, pensava que a sabedoria plena era exclusiva da divindade, e que o conhecimento chegava aos homens por inspiração divina, cabendo ao sábio (*sofos*) apenas desejá-lo. É atribuída a Pitágoras a criação do termo filósofo (amigo do saber).

O princípio de tudo, para Pitágoras, era o número (em grego, *arithmós*), elemento básico da realidade, que explicaria a harmonia universal ou a concordância dos discordantes – seco e úmido, frio e quente, bom e mau, justo e injusto, masculino e feminino; as notas e os acordes musicais consistiriam de números, e toda a Natureza era feita à imagem dos números; a proporcionalidade permitiria um sistema ordenado de opostos no Mundo, isto é, no Cosmos; essa estrutura harmônica do Cosmos estaria presente em todas as coisas, inclusive na alma (psique). Todo o Universo seria harmonia e número, como explicou Aristóteles em *Metafísica*. A Cosmologia pitagórica não se baseava, como a jônica, nas atividades e atributos de certos elementos materiais, mas nas propriedades dos números; como o número 10 é perfeito, abrangendo em si a natureza de todos os números (1+2+3+4), concluíram os pitagóricos que 10 eram os corpos que se moviam no Céu; mas como tais corpos celestes visíveis eram apenas nove, inventaram uma anti-terra[72]. Pitágoras, ou sua Escola, defendeu, ainda, a esfericidade da Terra, por considerações estéticas e geométricas, bem como por tratar-se de um planeta dotado de movimentos de rotação e translação.

As contribuições no campo da Matemática foram inúmeras e da maior importância na evolução da Ciência, sendo famoso o Teorema de Pitágoras. A Escola pitagórica prosseguiu a tradição positiva jônica, recorrendo à observação e à experiência, como no caso da Acústica. Foram criados por seus adeptos centros em Tarento, Metaponto, Sibaris, Regio e Siracusa. Pitágoras não deixou escritos, e seus discípulos mais famosos foram Filolau (Tarento ou Crotona, 480-?, teria sido o autor da teoria cosmológica adotada pelos pitagóricos), Arquitas (428-365, matemático, astrônomo, músico, político, famoso por sua solução do problema da duplicação do cubo), Alcmeon (Crotona, 500-?, médico – dissecação, descobriu o nervo ótico, reconheceu o cérebro como centro da atividade intelectual), Xenófanes

[72] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

(Colofon, 570-480, filósofo, sem muita convicção mística, não aceitava a metempsicose, defendia a terra como elemento primordial), e Amínias.

2.1.5.3 Heráclito

Como os anteriores filósofos, Heráclito (540-470) era também da Jônia, da cidade de Éfeso; misantropo e altivo, recusou-se a participar da política. Escreveu *Sobre a Natureza*, em prosa e no dialeto jônico, mas de forma tão concisa que é conhecido como o Obscuro; de sua obra são conhecidos 135 fragmentos. Heráclito buscou, como os demais jônicos, uma substância capaz de se transformar em todas as outras e de, por sua vez, resultar da alteração de qualquer delas: a substância foi o fogo. O Mundo seria um fogo permanentemente vivo, que se transforma em todas as coisas, as quais, por sua vez, a ele retornam num ciclo perpétuo; o Mundo não foi feito por deuses e homens, mas era, é e será um fogo sempre vivo, acendendo-se e apagando-se conforme a medida, de acordo com um de seus fragmentos. Assim, para Heráclito, tudo estava em estado de perpétua mudança, de tal forma que tudo o que percebemos com os sentidos é transitório, nada jamais é, tudo flui como um rio, tudo muda, num constante *devir* (transformação incessante e permanente pela qual as coisas se constroem e se dissolvem noutras coisas); é de Heráclito a noção de que não se pode passar duas vezes pelo mesmo rio. Estabeleceu a existência de uma lei universal e fixa (o *Logos*), isto é, o pensamento, que regularia todos os acontecimentos particulares e fundamentaria a harmonia universal, feita de tensões como a do arco e da lira. Percebeu a participação simultânea dos sentidos e da Razão na construção das Ciências: "os olhos e os ouvidos são maus testemunhos, se a mente não interpreta o que eles dizem". Foi crítico das práticas religiosas, das tradições contidas nas obras de Homero, de Hesíodo e de Pitágoras, por sua erudição sobre minúcias sem alcançar a unidade e a profundidade delas[73].

2.1.5.4 Escola Eleática

A Escola filosófica eleática, cujo maior intérprete foi Parmênides (530-460), de Eleia (hoje Vélia), na Itália, foi adepta da Razão como origem da verdade, com exclusão dos dados sensoriais: "Afasta tua mente do caminho

[73] CHAUÍ, Marilena. *Introdução à História da Filosofia.*

da investigação, que o hábito inculcado por múltiplas experiências não te arraste a ser instrumento de teus olhos cegos, de teus ouvidos ressoadores e de tua língua". Essa atitude levou-o a afirmar a imobilidade do Mundo: nada se altera, em oposição a Heráclito, para quem tudo muda e se transforma. Como escreveu Horta Barbosa, "essa atitude foi, sem dúvida, útil naquela época em que a Razão e o espírito crítico davam os seus primeiros passos, coordenando, ligando e generalizando, sob a forma de princípios ou leis abstratas, os conhecimentos empíricos e incoerentes, recebidos da prática cotidiana". Para Parmênides e seus discípulos, o tempo e o movimento eram meras aparências, pois como seus conceitos são ininteligíveis, eles não existem. Seu mais famoso discípulo foi Zenão (504-?), também de Eleia, muito conhecido pelos paradoxos formulados (o de Aquiles e a tartaruga, o da flecha, o do dobro e da metade), pelos quais pretendia demonstrar o absurdo das ideias dos adversários, em especial da Escola de Pitágoras; Aristóteles o considerava como o criador da Dialética. Defendia uma ideia monoteísta (ser uno, indivisível e contínuo) contra o ser múltiplo, descontínuo e divisível dos pitagóricos.

2.1.5.5 Anaxágoras

No final do século V, foi a Jônia invadida e pilhada pelos persas. Mileto e outras cidades, pouco depois, seriam incendiadas, criando um clima de pânico em toda a região. Péricles, com o intuito de tornar Atenas o grande centro cultural da Grécia, convidou o filósofo Anaxágoras de Clazômenas (500-428) a se transferir para sua *polis*, onde gozaria de prestígio e de sua proteção. Anaxágoras fundaria a primeira Escola de Filosofia em Atenas, mas acusado de impiedade, por negar a divindade do Sol, da Lua e das estrelas, e a luz própria da Lua, e por ensinar ser o Sol maior que o Peloponeso, foi perseguido, indo refugiar-se em Lâmpsaco, onde fundou outra Escola de Filosofia. Teria escrito um livro, *Da Natureza*, do qual restaram cerca de vinte fragmentos. Anaxágoras elaborou uma doutrina em que os primeiros princípios são ilimitados em número, e em que, no princípio, o Universo era uma mistura uniforme, sem movimento, um magma primitivo; para o filósofo, nada é criado ou destruído, o todo é completo e nada lhe pode ser acrescentado. A força motora do Universo é o pensamento, a inteligência, a mente, que entrou em ação e fez com que todo o sistema girasse pelo caos existente; no vórtice resultante, a matéria fria, densa e escura ficou no centro,

dando origem à Terra, em forma de disco, que se encontra no centro desse redemoinho; o Sol, a Lua e demais planetas foram arrancados da Terra e aquecidos por fricção enquanto giravam no redemoinho de matérias. Nada foi criado ou destruído, mas as coisas teriam surgido a partir da combinação e da dispersão do que já existia. Para Anaxágoras[74], desse caos inicial ilimitado pode formar-se um número ilimitado de Universos, já que o turbilhão pode ocorrer em vários pontos, mas também poderão esses mundos se dissolver e retornar ao caos. Assim, "nenhuma coisa nasce nem perece... se poderia chamar o nascer misturar-se e o perecer separar-se" (fragmento 17)[75]. É assunto controverso serem genuínas as obras sobre Perspectiva e a quadratura do círculo que lhes são atribuídas. No campo da Medicina, Anaxágoras defendeu, ao contrário de Empédocles, que os contrários agem uns sobre os outros, uma vez que as coisas semelhantes não podem ser afetadas por outras semelhantes.

2.1.5.6 Empédocles

Empédocles de Agrigento (490-435), da pequena colônia dórica na Sicília, tem um lugar de relevo na História do pensamento grego, pois substituiu a busca jônica por um único princípio (água, ar, fogo) pelos quatro elementos: água, ar, fogo e terra, (dotados de graus variáveis de umidade, de secura, de calor e de frio) que são eternos e não são gerados, e que mudam aumentando e diminuindo mediante mistura e separação, decorrentes, respectivamente, do Amor (atração) e do Ódio (repulsão). Acreditava que o Universo havia passado por quatro estágios em seu desenvolvimento: primeiro, teria havido uma completa mistura dos quatro elementos dentro do Universo esférico, a seguir, os elementos foram, cada vez mais, separados pela repulsão, tendo sido o terceiro estágio um período de total separação dos elementos, seguido por uma parcial e crescente mistura, devida à atração. Para Empédocles, "não há nascimento para nenhuma das coisas mortais, como não há fim na morte, mas somente composição e separação, mistura e dissociação dos elementos". Para Abel Rey, citado por René Taton, "Empédocles está na origem das mais colossais sínteses teóricas que a Ciência tem em seu ativo. Será a grande hipótese de trabalho até o século XVI, e mesmo princípios do

---

[74] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[75] KUHNEN, Remberto Francisco. *Coleção Os Pensadores - Pré-Socráticos.*

XVII". Defendeu o experimentalismo, tendo efetuado algumas investigações, como a de uma clepsidra (relógio d'água) para provar que a substância ar tinha existência material, e sustentou que a percepção seria regida pela Lei dos semelhantes e dos diferentes; discutiu, ainda, a questão da luz (admitindo levar tempo para a luz viajar pelo espaço) e da visão. No campo da Astronomia, deu uma explicação correta para eclipse solar, e no da Biologia suas especulações o levaram a concepções que lembram a teoria moderna da sobrevivência dos mais aptos.

2.1.5.7 Demócrito

A teoria atômica grega nasceu em Abdera (porto do mar Egeu na Trácia), de autoria, segundo Aristóteles, de Leucipo de Mileto, que teria vivido entre 500 e 430. Nada – livro ou fragmentos escritos – de seus ensinamentos sobreviveu, porém sua teoria, como conhecida hoje em dia, foi desenvolvida e elaborada por Demócrito de Abdera (460-370), seu discípulo. Os átomos e o vazio constituem o Mundo; o vazio, infinito em extensão, oco e penetrável, e os átomos, infinitos em número, difeririam pelo tamanho, forma e disposição ao se ligarem uns ao outros para constituírem os seres e as coisas. Paladar, olfato, visão, tato e audição eram resultado do comportamento atômico, o qual explicaria também as cores, o estado líquido, a solidez, etc. Segundo Demócrito, "Dizemos doce, amargo, quente, frio; dizemos cor, mas na verdade, não existem senão átomos e vazio". Tudo ao nosso redor é constituído de átomos e vácuo, e as substâncias diferem entre si porque seus átomos diferem na forma ou no modo como estão arranjados; os átomos da água eram lisos e esféricos para que esta pudesse fluir, os do fogo seriam pontiagudos para provocarem queimaduras, os da terra seriam ásperos e dentados para que pudessem se juntar. Tudo é o resultado do simples jogo de causa e efeito entre os átomos. Os átomos, substância sólida, não podem ser divididos ou cortados, são incriados e eternos como o vazio, são tão pequenos que não podem ser vistos e estão em perpétuo movimento no vácuo, imposto a eles por leis naturais, definidas e intransgressíveis. Quando um conjunto de átomos se separa, ocorre um vórtice, e como os átomos tendem a gravitar juntos, forma-se uma espécie de pele ao se prenderem um ao outro. De forma esférica, essa cobertura contém todo o nosso Universo. Como o vácuo e os átomos são ilimitados, é possível, em teoria, que existam outros universos. A doutrina atômica

grega culmina, no dizer de Horta Barbosa, o movimento racionalista de interpretação da Natureza, iniciado por Tales. Ao explicar as causas dos fenômenos por causas mecânicas – o movimento dos átomos – Demócrito lançou as bases do materialismo mecanicista. Seus mais famosos seguidores foram Epicuro e o romano Lucrécio.

2.1.5.8 Sofistas

Nos fins do século V surgiu o movimento dos Sofistas – Mestres da Sabedoria –- que, mediante pagamento, ensinavam Ciências, Retórica e Eloquência, importantes para a vida pública nas *polis*. Foram os grandes divulgadores do conhecimento, ao tratarem dos temas filosóficos, especulativos, ao difundirem e aperfeiçoarem a Matemática, ao iniciarem outras Ciências, como a Antropologia, a Sociologia, a Filologia, a Ética e a Psicologia, e ao renovarem a estrutura do ensino (Paideia); do exame e comentários dos conceitos teóricos passaram, contudo, com lógica verbal, sutil e falaciosa à objeção, à contestação e à ridicularização dos valores e dos costumes, como da estrutura social, do respeito à Lei e da capacidade da Razão humana, o que os tornaria impopulares e passíveis de críticas por parte, principalmente, de Sócrates e Platão. Os dois mais famosos sofistas foram Protágoras de Abdera (485-411) – é de sua autoria o conceito de que "o Homem é a medida de todas as coisas", e Górgias, de Leontini (483-375) – que declarou que a verdade não existe, e que se existisse, não poderia ser conhecida, e que se o pudesse, não haveria como comunicá-la; outros conhecidos sofistas foram Trasímaco de Calcedônia – "a Justiça é simplesmente o interesse do mais forte", Hípias de Elis, Crítias, Eutidemo, Prodicos e Isócrates.

A Filosofia continuaria a exercer, nos períodos seguintes, um papel fundamental no desenvolvimento da civilização grega. No século IV surgiriam Platão e Aristóteles, cujas doutrinas teriam imensa e decisiva influência no pensamento científico grego, até o final do Período Greco-Romano, no século III, e na formação da cultura romana. Em vista do papel central de ambos estes filósofos na evolução do espírito científico e da Ciência, suas contribuições serão examinadas, também, no capítulo referente ao desenvolvimento dos diversos ramos científicos. Por sua importância na História da Filosofia e por sua adesão ao atomismo, a contribuição de Epicuro aparece, igualmente, neste capítulo, com um breve comentário.

2.1.5.9 Platão

Um dos mais importantes filósofos da antiga Grécia foi Platão, por sua influência tanto no mundo pagão quanto no pensamento da Igreja Romana, através, principalmente, de Santo Agostinho. Nascido e falecido em Atenas (427-347), foi discípulo de Sócrates, e em suas viagens à África e Itália, assimilou conceitos pitagóricos que viriam a ser incluídos em seus ensinamentos. Em 387, fundou a célebre Academia (em um local dedicado a Academus, herói lendário), que continuaria como o último centro de cultura pagã até 529, quando foi fechada por ordem de Justiniano. Interessou-se pela Política, tanto em seus escritos sobre a arte de governar (*Político*) e concepção da Sociedade humana (*República*) quanto em sua própria participação (*Siracusa*) no processo de ensinar a governar uma cidade. Escreveu Platão cerca de 30 Diálogos e várias cartas, onde explicou sua Filosofia, pelo método adotado da Dialética.

Seu interesse era na Filosofia moral, atribuindo à Filosofia Natural (Ciência) um papel inferior e indigno no processo do conhecimento, por não ter uso prático. Desdenhava as aplicações correntes da Ciência e considerava a observação e a experimentação como irrelevantes e enganosas na busca do conhecimento. Para Platão, a especulação filosófica sobre o Universo era mais esclarecedora que a observação precisa. Demonstrou, contudo, interesse pela Astronomia, particularmente por uma explicação matemática dos movimentos erráticos dos planetas. Sua predileção era pelas ideias gerais e pela abstração, desligada das realidades físicas e experimentais. A Matemática lhe permitia tais abstrações, relacionando-o com a mais elevada forma de pensamento puro, distanciando-o do grosseiro e imperfeito Mundo da contingência cotidiana. Explica-se, assim, a origem da inscrição no portal da Academia: “Aqui não entres se não és geômetra”.

Mentalidade metafísica e mística, a imortalidade e a preexistência da alma dominam seu sistema filosófico, cujos principais aspectos[76] são: i) a Teoria das Ideias, na qual as ideias, inacessíveis aos sentidos, constituem um Mundo suprassensível, somente cognoscível pela alma. Subsistentes por si mesmas, as ideias são imateriais, eternas e divinas. Os objetos revelados pelos sentidos são meras sombras deformadas e perecíveis. Tudo o que vemos e tudo que se apreende pelos sentidos nada mais é que

[76] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

aparência. A verdadeira realidade é uma Forma ou Ideia, que escapa aos sentidos. O escopo da Ciência seria, assim, investigar e entender as Ideias; ii) a Teoria da Reminiscência, na qual distingue três almas: a racional, que é imortal e localizada na cabeça, preexiste à sua união com o corpo, quando viveu em contacto com as Ideias. Assim, o intento para atingir o conhecimento é, na realidade, um esforço para rememorar ou recordar a primitiva contemplação dos universais; a alma irascível localiza-se no peito, e a concupiscente no ventre; iii) a Física, tratada no famoso *Diálogo* intitulado *O Timeu*, se refere à origem e formação do Mundo. A criação da realidade física é obra de um demiurgo, a partir de modelos eternos, constituídos pelas Ideias. Antes da formação do Céu, a matéria estava sujeita a forças diversas, não podendo ficar em equilíbrio, pelo que as quatro matérias (água, ar, terra e fogo) tendiam a se separar. O Demiurgo as separou pela forma e pelos números. Os modelos (arquétipos) eram as formas mais perfeitas da Geometria, ou seja, os cinco possíveis sólidos regulares, isto é, aqueles com faces equivalentes e com todos os lados e ângulos – formados por essas mesmas faces – iguais. Tais poliedros – tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro (20 faces) – representam, respectivamente, os elementos fogo, terra, ar e água e o Universo, pois as 12 faces do dodecaedro correspondem ao Zodíaco, que tem 12 signos, e suas faces, 360 triângulos escalenos, como o ano contém 360 dias. Apesar de descobertos por Pitágoras, esses sólidos são conhecidos, desde então, como sólidos platônicos. A forma do Mundo é esférica e polida, os corpos celestes descrevem círculos exatos (a curva perfeita), assim como as esferas cristalinas (sólidos perfeitos) que os mantêm em seus lugares. Acreditava que os diferentes corpos eram formados pelos quatro elementos: o fogo para os corpos celestes, a água para os que viviam na água, o ar para as criaturas aladas e a terra para os habitantes da terra seca. Os corpos celestes eram não só divinos, mas também dotados de alma. A Cosmogonia criacionista de Platão difere, assim, das Cosmogonias evolucionistas dos filósofos jônicos.

Colin Ronan concluiu seus comentários a respeito da contribuição de Platão para o desenvolvimento da Ciência: “A ênfase de Platão na Matemática foi propícia, mas, por outro lado, ele não trouxe nenhum benefício para a Ciência experimental; na verdade, ele a desprezou. Certamente a Ciência grega sempre tendeu mais para a especulação filosófica do que para os testes práticos, mas essa falha foi exacerbada pela teoria das Ideias de Platão.

Num balanço final, podemos concluir que a influência de Platão na Ciência foi mais inibidora do que inspiradora".

2.1.5.10 Aristóteles

Aristóteles (384-322) é considerado por muitos como o maior filósofo, pensador e cientista da Antiguidade e como um dos mais eruditos de todos os tempos. Escreveu sobre Física, Matemática, Biologia, Astronomia, Botânica, Zoologia, Psicologia, Política, Lógica e Ética. É a mais significativa figura da Filosofia e da Ciência grega, e com ele a crença na força do pensamento humano para compreender racionalmente o Mundo atingiria, na civilização helênica, seu clímax e sua mais completa expressão.

Nasceu Aristóteles em Estagira, na Calcídica, território sob dependência da Macedônia, mas colonizada pelos gregos de Cálcis. Seu pai, Nicômaco, foi médico do Rei Amintas II, pai de Filipe e avô de Alexandre, o que explica, como herança, seu acentuado interesse pela pesquisa biológica. Frequentou por quase 20 anos a Academia de Platão, e com a morte deste, fundou, em 334, sua própria Escola, que recebeu o nome de Liceu (por estar num bosque consagrado a Apolo Liceu), e da qual constavam uma Biblioteca e um Museu de objetos naturais de diversas espécies, financiados por Alexandre. Após a morte de Aristóteles, o Liceu foi dirigido por Teofrasto (322-287), Estratão (287-270), Licon (270-228), Crátetes, Arcesilau. O Liceu dedicou-se ao estudo e investigação em vários campos, inclusive, e principalmente, das Ciências naturais, Astronomia e Física.

A obra de Aristóteles foi de dois tipos[77]: a endereçada ao grande público, em forma de diálogo, da qual restam apenas alguns fragmentos (*Eudemo*, que trata da imortalidade da alma, *Protético*, um elogio da vida contemplativa, e *Sobre a Filosofia*, no qual combate a teoria platônica das Ideias) e a destinada aos alunos, que trata, sob a forma de pequenos tratados, de Ciência e Filosofia. A arrumação desses tratados num conjunto – o *Corpus Aristotelicum* – remonta a Andrônico de Rodes, que dirigiu o Liceu no século I. É o seguinte o conteúdo do *Corpus*: o *Organon* sobre Lógica, a *Física* sobre o Mundo físico (natureza, movimento, infinito, vazio, lugar, tempo, etc.), o *Sobre o Céu* e o *Sobre a Geração e a Corrupção* se referem ao Mundo sideral e ao sublunar, e os *Meteorológicos* relativos aos fenômenos atmosféricos. O *Tratado da*

[77] Coleção Os Pensadores - *Aristóteles.*

Alma é o primeiro da série de obras referentes à Psicologia, seguidas de pequenos tratados sobre diferentes funções (a sensação, a memória, a respiração, o sono), conhecidos como *Parva naturalia*, e de estudos sobre História Natural como a *História dos Animais*, *As Partes dos Animais*, *A Geração dos Animais*, com registro de múltiplas e minuciosas observações. A sequência dedicada à Filosofia teórica é conhecida como *Metafísica*, e consta de 14 livros sobre Filosofia Primeira, ou seja, sobre os primeiros princípios e as primeiras causas de toda a realidade. Depois da Filosofia teórica, seguem, no *Corpus*, as obras de Filosofia prática – *Ética* e *Política* – e, finalmente, a *Retórica* e a *Poética*, da qual restaram apenas fragmentos.

O *Corpus* corresponde, assim, a um vasto conjunto enciclopédico, no qual Aristóteles, após examinar, analisar e criticar as soluções propostas por outros pensadores, apresentou sua própria formulação de suas concepções. A importância que dava ao exame da evolução dos problemas e das ideias levou-o ao estudo do desenvolvimento das ideias filosóficas e ao encadeamento das diversas doutrinas anteriores, cujo levantamento das opiniões e dos textos é chamado de doxografia. Muitos autores conferem, por isto, a Aristóteles, o título de primeiro historiador da Filosofia.

Foi, também, o primeiro pesquisador científico, no sentido moderno da palavra, e extraordinário impulsionador do desenvolvimento do espírito científico. Para o professor William Ross, citado por Horta Barbosa, "fixou Aristóteles os trabalhos essenciais da classificação das Ciências sob a forma que ainda hoje subsiste e levou a maior parte das Ciências a um desenvolvimento jamais atingido. Em alguns, na Lógica, por exemplo, não teve ele antecessores, podendo-se mesmo dizer que, durante séculos, não teve sucessores à sua altura". Seus principais trabalhos, confiados a Teofrasto, ficaram perdidos por dois séculos, tendo sido achados por soldados de Sila, levados a Roma e editados por Andrônico. Durante o período das invasões dos bárbaros e da edificação do cristianismo, Aristóteles foi esquecido, devendo-se às Escolas islâmicas de Bagdá e de Córdoba e aos comentários de Averróis e de Maimônides a descoberta do Filósofo. As obras de Aristóteles foram reintroduzidas no Ocidente a partir do século XII, alcançando grande divulgação e prestígio principalmente com a interpretação de Tomás de Aquino, quando "a Teologia católica adquiriu um contexto aristotélico, superando a fase neoplatônica, devida a Santo Agostinho"[78].

---

[78] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

Estrangeiro em Atenas, e dadas suas ligações com a Macedônia, Aristóteles sentiu-se inseguro em continuar vivendo numa cidade em que o sentimento antimacedônio crescera após a morte de Alexandre. Refugiou-se em Cálcis, na Eubeia, onde faleceu, depois de alguns meses, em 322. Teofrasto sucedeu a Aristóteles na direção do Liceu. Para a certeza científica e a construção de um conjunto de conhecimentos seguros, Aristóteles criou a Lógica (chamada por ele de Analítica), estudo dos processos do pensamento no ato de atingir e compreender a natureza das coisas, ou seja, o estabelecimento das leis do raciocínio. Proposições, falácias, o procedimento para o raciocínio correto e um sistema dedutivo de argumentação formal (silogismo) constam do *Organon*. Sua finalidade era instituir a teoria da demonstração. A doutrina do silogismo pretende substituir o insuficiente método platônico da divisão no encadeamento do pensamento por um que segue uma direção incoercível rumo à conclusão[79], ou, em outras palavras, mediante cálculos lógicos (silogismos) se deduzem de uma ideia ou universal, ou ainda de um princípio intuitivo, consequências necessárias, isto é, verdades incontestáveis. Abstratos e lógicos, sem relações perceptíveis com a experiência, tais princípios, contudo, não poderiam bastar à demonstração de verdades físicas. É o problema da validade e coexistência da indução e da dedução, isto é, da passagem dos casos particulares ao geral, e, inversamente, do geral aos particulares. Exemplo de dedução silogística: Todos os homens são mortais e Sócrates é homem, logo Sócrates é mortal. A conclusão resulta da simples colocação das premissas, não deixando margem a qualquer opção, mas impondo-se com absoluta necessidade. A realidade das duas proposições iniciais (premissas) só pode ser demonstrada pela observação e experiência. O silogismo, que equivale à demonstração científica, deve ser um raciocínio formalmente rigoroso, que parta de premissas verdadeiras. Assim, o conhecimento demonstrativo passa a pressupor um conhecimento não-demonstrativo capaz de atingir verdades que constituem os princípios da Ciência[80]. Os conhecimentos anteriores à demonstração seriam ou os axiomas ou as definições nominais; os axiomas seriam comuns a todas as Ciências, enquanto as definições diriam respeito a setores particulares da investigação científica.

Aristóteles refutou os arquétipos platônicos e reafirmou o valor do conhecimento empírico. Toda a teoria aristotélica do conhecimento constitui

---

[79] PESSANHA, José Américo. *Coleção Os Pensadores - Aristóteles.*
[80] PESSANHA, José Américo. *Coleção Os Pensadores - Aristóteles.*

uma explicação de como se pode partir de dados sensíveis para se chegar a formulações científicas, pois necessárias e universais. A repetição das observações dos casos particulares permitiria uma operação do intelecto, a indução, que conduziria – num encaminhamento contrário ao da dedução – do particular ao universal. Para Aristóteles, o entendimento humano começa com a percepção dos sentidos; antes de qualquer experiência sensorial, a mente humana é como uma tábua lisa, sem nada escrito, mas com potencialidade em relação às coisas inteligíveis. A Razão humana, contudo, permite que a experiência dos sentidos seja a base do conhecimento útil. Como escreveu o já citado Richard Tarnas[81], "Aristóteles foi o filósofo que articulou a estrutura do discurso racional de modo a que a mente humana pudesse apreender o mundo... através de regras sistemáticas para o adequado uso da lógica e da linguagem... A dedução e a indução; o silogismo; a análise da "causação" em coisas e fatos materiais, eficazes, formais e finais; distinções básicas como a de sujeito-predicado, essencial-acidental, matéria-forma, potencial-real, universal-particular, gênero-espécie-indivíduo; as dez categorias da substância, quantidade, qualidade, relação, lugar, tempo, posição, estado, ação e afeição – tudo isso foi definido por Aristóteles e posteriormente estabelecido como instrumentos indispensáveis de análise para a mente ocidental. Onde Platão havia colocado a intuição direta das Ideias transcendentais, Aristóteles agora inseria o empirismo e a lógica".

Aristóteles dedicou-se, igualmente, a vários ramos da Ciência, como Matemática, Astronomia (Terra esférica, fixa no centro do Universo finito), Física (primeiros argumentos sobre a teoria ondulatória e a propagação da luz, impossibilidade do vácuo, negação do atomismo, movimento natural e movimento forçado), a Química (doutrina dos cinco elementos) e Biologia (classificação dos animais, Embriologia, Anatomia, Zoologia, Botânica). É considerado o pai da Zoologia. Pioneiro no estudo dos fósseis, sustentou Aristóteles serem o resultado de processo de petrificação de restos de animais e plantas. Em todas essas observações (Biologia, Física e Astronomia) aplicou um rigoroso método lógico, que investigava as causas do objeto que ele observava. Só uma dessas causas – a força motriz, o motor imóvel – Aristóteles considerou além do âmbito racional. Para o já citado Colin Ronan: "... estamos no campo da metafísica, não da Física. Resvalamos da Ciência para a intervenção divina, da explicação física para a motivação suprafísica... que

[81] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

polímata surpreendente era Aristóteles. Dificilmente havia um campo de empreendimento científico ao qual ele não tivesse dado valiosas contribuições ou no qual não tenha aberto caminhos. Certamente sua influência nas gerações seguintes de intelectuais e cientistas ocidentais foi decisiva, maior que a de qualquer outro filósofo ou homem de Ciência grego".

2.1.5.11 Epicuro

Epicuro (341-270), nascido em Atenas (ou Samos), iniciou sua carreira como professor de Gramática e de Filosofia em Lâmpsaco, Mitilene e Colofon, até fundar, em Atenas, em 306, uma Escola de Filosofia, (Jardim de Epicuro), onde ensinou a Filosofia conhecida como epicurismo. Sua teoria do conhecimento era empirista, que reduz toda origem do conhecimento à experiência sensível. As repetidas experiências dos sentidos, conservadas pela memória, dariam nascimento à noção geral ou conceito; as proposições não-passíveis de observação através dos sentidos seriam verificadas por outros dados fornecidos pela experiência. Mecanicista, adotou a teoria atômica de Demócrito, introduzindo a noção de que os átomos também seriam diferentes quanto ao peso. De sua obra restaram apenas alguns fragmentos, inclusive da *Sobre a Natureza*, considerada a mais importante. A principal fonte para o conhecimento da doutrina epicurista provém do poema *Da Natureza das Coisas*, do romano Tito Lucrécio Caro.

Os movimentos filosóficos das Escolas cínica (Antístenes – Atenas, 444-365, Diógenes – Sínope, 413-323) e cética (Pirro – Elida, 360-?, Timon – 315-225), que floresceram na Grécia nos séculos III e II, não aportaram contribuições ao espírito científico, nem se dedicaram ao estudo e desenvolvimento das Ciências, pelo que não é necessário qualquer comentário sobre elas numa História das Ciências.

Embora as mais influentes Filosofias no Período Helenístico fossem a de Platão e, em especial, a de Aristóteles, as ideias da Escola estoica tiveram alguma repercussão nessa época e teriam grande influência em Roma, através de Cícero, Sêneca, Epicteto e do Imperador Marco Aurélio. A Escola estoica, herdeira do pensamento filosófico de Heráclito de Éfeso, foi fundada por Zenão de Cicio (334-264), sendo seus seguidores mais conhecidos Cleanto de Assos (331-232) e Crisipo de Solis (280-210); posteriormente, a Escola assumiu uma posição eclética, com Panécio de Rodes (185-112) e Possidônio de Apameia (135-51). Racionalistas, acreditavam que o Universo fosse um

corpo vivo provido de um sopro ígneo (a razão), que garantiria a coesão do todo. Tudo o que existe é corpóreo, e a própria Razão se identifica com algo material, o fogo. Nosso Universo corpóreo é dirigido pelo fatalismo da sucessão dos ciclos da História do Mundo, sempre idênticos; tudo existe e acontece segundo predeterminação rigorosa, porque racional. Para os estoicos, as bases de qualquer conhecimento seriam as impressões recebidas pelos sentidos, que, por sua vez, seriam penetrados pela Razão, o que os tornaria predispostos à sistematização pela inteligência[82].

2.1.6 Gnosticismo, Hermetismo, Neoplatonismo

Além da derrota política representada pela falta de independência, o mundo grego seria invadido, a partir das conquistas de Alexandre, e principalmente durante o Período Greco-Romano, por crenças orientais, que divulgariam formas exaltadas do misticismo de muitas seitas (gnósticas e herméticas) com propostas simplistas, supostamente reveladas pela divindade. Como esclareceu Taton, a credulidade elementar superaria gradualmente o espírito crítico, e a imaginação iluminada se imporia à lógica. Certamente os orientais seriam os principais responsáveis pelo recuo do racionalismo nos séculos seguintes. Religiões místicas, provenientes do Oriente, ganhariam terreno em Alexandria e outras partes do mundo grego, em prejuízo dos antigos ensinamentos dos filósofos. O culto à deusa Ísis se espalharia do Egito a várias partes do Império Romano no século II[83]. O gnosticismo, movimento religioso cristão, com mistura de neoplatonismo, seria proeminente nos séculos II e III, cujos adeptos acreditavam na revelação mística (gnose) para o conhecimento da Natureza. O maniqueísmo (fundado pelo persa Mani, 215?-275), oriundo da Babilônia e da Pérsia, esdrúxula combinação de elementos do Zoroastrismo, cristianismo e gnosticismo, com sua divisão do Mundo em Bem (Deus) e Mal (Diabo), com suas práticas mágicas e astrológicas, se espalharia por importantes centros da cultura grega.

Diante de tal recuo do racionalismo filosófico grego e da crescente divulgação de seitas de mistério e de misticismo, uma conciliação, tendo por base a Filosofia de Platão, seria tentada por Plotino (205-270) através

[82] PESSANHA, José Américo. *Coleção Os Pensadores - Epicuro, Lucrécio, Cícero, Sêneca, Marco Aurélio.*
[83] CLAGETT, Marshall. *Greek Science in Antiquity.*

do neoplatonismo, corrente filosófica de grande repercussão no mundo pagão ocidental até o século V; desconfiados da Ciência e da Razão, seus adeptos admitiam apenas a revelação direta pela Divindade, única fonte do conhecimento. Ao mesmo tempo, o cristianismo ganharia força, com a conversão de crescentes contingentes da Sociedade grega. "É claro que todas essas ideias, tão difundidas no mundo helênico, não deixariam de influenciar qualquer movimento contemporâneo que tivesse uma base intelectual", comentou Leicester[84]. A busca da Ciência, livre de restrições políticas ou religiosas, de preconceitos ou parcialidade, estava comprometida.

Evidência da influência dos movimentos místicos e de ocultismo foi o aparecimento de uma coleção de 18 livros – *Corpus Hermeticum* – atribuída ao deus Hermes Trimegistus (Hermes, o três vezes grande) com ensinamentos sobre Ciências, Artes, Religião e Filosofia. A obra teria sido escrita provavelmente no século I ou II, e atribuída à divindade sincrética, que combinava aspectos do deus grego Hermes e do egípcio Toth, ambos ligados à magia em suas respectivas mitologias. O *Corpus Hermeticum* teria uma grande influência na Europa até o Renascimento, em particular no movimento humanista neoplatônico de Giovanni Pico della Mirandola e Marsílio Ficino.

O surgimento e a propagação da Alquimia e da Astrologia nesse Período Histórico Greco-Romano se deveram à propagação do hermetismo e corresponderiam, portanto, à fase de decadência da civilização grega. A despeito da oposição das autoridades e do cristianismo, a prática astrológica e alquimista seria comum na Europa durante vários séculos.

Como escreveu Pierre Rousseau, na obra já citada, "é triste pensar que um século depois de Arquimedes, a gloriosa Ciência grega chegaria à Alquimia, que o contágio do misticismo se estenderia mais e mais e que, enquanto o método de Arquimedes era posto de lado, os alexandrinos invocavam... Hermes... era uma onda religiosa como a que submeteu o Mundo antigo ao tempo de Pitágoras... uma vaga formada pela amálgama das crenças faraônicas, da magia babilônica e das várias religiões, que pressionavam, judaica, síria, persa, etc. Sob esse choque, a Ciência se curvou e, com o mesmo golpe, perdeu sua independência e seu prestígio".

[84] LEICESTER, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*

2.1.7 Desenvolvimento das Ciências

Não foi homogênea, nem simultânea a evolução dos diversos ramos científicos. As Ciências não-experimentais, mais abstratas e menos complexas, como a Matemática e a Astronomia, se desenvolveram primeiro, beneficiando-se da base técnica e empírica de uma e observacional da outra, desenvolvidas previamente por outras culturas. No atual campo da Física, o primeiro ramo em que foram adotados métodos científicos foi o da Mecânica (Estática e Dinâmica), considerada, por muitos séculos, como parte da Matemática. Os estudos iniciais de Óptica e de Acústica devem ser considerados, igualmente, como pioneiros no tratamento desses fenômenos, apesar do seu caráter especulativo. A Química não passaria do estágio de Ciência prática (perfume, tinta, corantes, cosméticos, metalurgia), situação agravada com o aparecimento e expansão da Alquimia, já no Período Greco-Romano. A História Natural, particularmente o estudo da flora e da fauna, começaria a se estruturar, graças ao pioneirismo dos estudos e das pesquisas no Liceu, por iniciativa e inspiração de Aristóteles. A Anatomia e a Fisiologia receberiam, por primeira vez, uma atenção especial, com o propósito de investigar, analisar e entender a complexidade do corpo humano e as funções de seus vários órgãos. Em decorrência, uma abordagem científica, de rejeição de poderes mágicos e misteriosos, seria adotada na Medicina praticada pelos gregos.

O desenvolvimento dos diversos ramos da Ciência será examinado a seguir, tendo presentes as características dessa evolução.

2.1.7.1 Matemática

A evolução da Matemática foi lenta, árdua, longa, difícil e complexa, tendo suas primeiras noções se desenvolvido a partir do surgimento do *Homo Sapiens*. Em sua origem, a Matemática esteve sob influência mística, e teve um caráter empírico, intuitivo, qualitativo, pragmático. Sem capacidade de abstração e análise, o Homem foi capaz, contudo, de desenvolver noções de Matemática, no seu estágio inicial, à base da simples observação, e para atender às necessidades prementes da coletividade de resolver certos problemas de interesse geral e particular.

Ao longo desse lento processo, a conveniência de fixar a passagem do tempo, de avaliar a safra, de verificar o rebanho, de demarcar os limites da propriedade e de resolver problemas de pesos e medidas, por exemplo,

requereram uma noção básica de Aritmética; também a decoração de vasos de cerâmica com desenhos intricados, a diferenciação das constelações de estrelas e o arranjo de pedras e obeliscos em tumbas indicam uma noção de espaço e Geometria[85]. O Homem adquiriu, em consequência, a noção de número (inicialmente os inteiros) que, posteriormente, perdeu o apoio material (terra, ovelha) e reteve, apenas, o caráter numérico ordinal e cardinal. A contagem, feita de início com as pedras (cálculo, em latim) mostrou-se, com o tempo, insuficiente para atender às crescentes necessidades de coletividades mais sofisticadas. A invenção da escrita, no final do Neolítico, nasceu dessa necessidade de adotar um sistema de notação das trocas comerciais, cada vez mais numerosas, complexas e diversificadas, para serem confiadas somente à memória. Como a limitação dos números pequenos já não satisfazia às necessidades diárias, desenvolveu-se a noção de base (5, 10, 60), cujas notações de cálculo permitiam prescindir de pedras e chegar a números grandes.

As civilizações da Mesopotâmia e do Egito receberam, de herança do Período Pré-Histórico, essas noções básicas de numeração, de Aritmética e de Geometria, que lhes permitiriam efetuar algumas operações aritméticas elementares (teriam conhecido o Teorema de Pitágoras, sabiam resolver equação de 2° grau e calculavam volumes de sólidos geométricos). A Matemática era empírica, na solução dos problemas específicos e concretos, sem qualquer teorização. O processo de aprendizado era indutivo, o resultado do problema sendo conhecido através de tentativas e experimentações. Os princípios, as premissas e os postulados não eram definidos, e os métodos de investigação não eram jamais explicitados[86].

Essas incipientes e empíricas Aritmética e Geometria chegaram, evidentemente, ao conhecimento dos gregos, ativos negociantes que mantinham relações comerciais com os diversos povos do Mediterrâneo, Oriente Médio, Ásia Menor e central, Egito, culturas importantes, contemporâneas da grega, como as do Egito e Mesopotâmia, por seu caráter pragmático e técnico, não registraram nomes de cientistas, porquanto o conhecimento adquirido sobre as diversas matérias derivava da simples observação, sem o uso da Lógica, da Razão e da Crítica. O conhecimento empírico não era explicado, nem justificado, pois era irrelevante para a

---

[85] DUVILLIE, Bernard. *L´Émergence des Mathématiques.*
[86] DUVILLIE, Bernard. *L´Émergence des Mathématiques.*

comunidade, limitada à repetição da técnica para a obtenção do resultado desejado.

Receberam os gregos tanto o alfabeto dos fenícios quanto o conhecimento da Matemática empírica desses povos. O mérito do gênio grego está, exatamente, na sua capacidade de organizar, estruturar, desenvolver e sintetizar, de forma coerente, esse conhecimento básico para as atividades humanas. Acostumados ao uso do raciocínio e da argumentação (na defesa de seus pontos de vista nas lides políticas, na *polis*), os gregos criariam a Matemática, sob o signo da Lógica e da Razão, as quais estabeleceriam definições e axiomas, a partir dos quais se deduziriam todas as proposições seguintes.

A Matemática, como Ciência abstrata, racional e conceitual, é, assim, uma criação grega.

A história da Matemática na Grécia registra um elevado número de grandes estudiosos e inovadores, formuladores de princípios, postulados, teoremas e axiomas de todo um complexo conjunto teórico, principalmente nos campos da Aritmética e da Geometria. Dado o estreito relacionamento, na antiga Grécia, entre Filosofia e Matemática, vários filósofos ficaram conhecidos também como estudiosos da Matemática, como Anaxágoras (499-428), Antífon (480-411), Arquitas (428-350), Crisipo (280-206), Hípias (460-400), Pitágoras (580-520), Xenócrates (396-314) e Zenão de Eleia (490-430); outros matemáticos dedicaram-se, igualmente, à Astronomia, como Apolônio (262-190), Aristarco (310-230), Arquimedes (287-212), Autolycus (360-290), Calipo (370-310), Conon (280-220), Euclides (325-265), Eratóstenes (276-197), Hiparco (190-120) e Hipsicles (190-120); e outros ainda são reconhecidos filósofos-matemáticos-astrônomos, como Tales (624-546)), Aristóteles (384-322), Demócrito (460-370), Eudoxo (408-355), Heráclides do Ponto (387-312), Platão (428-347) e Possidônio (135-51). Alguns ilustres nomes figuram apenas como matemáticos: Aristeu (360-300), Brison (450-390), Diocles (240-180), Eudemo de Rodes (350-290), Fílon (280-197), Hipócrates de Quíos (470-410), Menecmo (380-320), Nicomedes (280-210), Perseu (180-120).

Num período posterior e numa época de decadência da civilização greco-romana, vários matemáticos ainda se distinguiram, porém sem o brilho de seus antecessores. Herão (10-75), Cleomedes (10-70), Nicômaco (60-120), Teón de Esmirna (70-135), Menelao (70-130), Ptolomeu (85-165), Diofanto (200-284), Porfírio (233-309), Sporus (240-300), Pappus (290-350), Hipácia (370-415) e Proclus (411-485). Na História da Matemática, Euclides,

Arquimedes e Apolônio formam a chamada trindade de ouro da Matemática helênica.

2.1.7.1.1 Aritmética

Para os gregos, a Aritmética era a Ciência dos números, seu campo era a teoria dos números e o exame de suas propriedades; o cálculo numérico era assunto da Logística, ou seja, da Aritmética prática. Os matemáticos gregos demonstraram um grande interesse pelos números, dedicando-se ao estudo de seus mais variados aspectos, buscando estabelecer uma base científica e conceitual que permitisse entender o mundo dos números. Para Pitágoras, o grande estudioso e teórico dos números, e seus adeptos da Escola, tudo é regido pelos números; para Filolau de Crotona (século V), "tudo que é conhecido tem número, pois nada é possível pensar ou conhecer sem ele". Tal era a crença nos números que os pitagóricos lhes devotavam um valor místico. A Aritmética teria um extraordinário desenvolvimento com os pitagóricos, tendo sido, no entender de muitos, um de seus (Pitágoras) méritos o de haver elevado o estudo e o conhecimento dos números acima das necessidades dos comerciantes[87].

A representação gráfica da escala numérica evoluiu bastante ao longo do tempo. Inicialmente, a grafia representava as unidades por linhas retas repetidas; as dezenas, por pontos grossos; as centenas, por linhas inclinadas; e os milhares, por losangos. O valor dos símbolos não dependia de suas posições recíprocas. Na época de Tales, a grafia já era distinta: as unidades, até 4, consistiam de linhas retas repetidas; 5 unidades eram representadas pelo símbolo Õ; uma dezena, por Ä; uma centena, por H; um milhar, por C; e dez milhares, porÌ. Horta Barbosa oferece alguns exemplos desse sistema: 111 = ria, 701= ya e 888=wph. Uma vírgula ou pequeno traço à esquerda ou por baixo do símbolo correspondia a multiplicar por 1.000: d = 4; ,d = 4.000; f =500; ,f =500.000. A multiplicação por 10.000 (miríada) se fazia com a letra M colocada logo depois, por baixo ou por cima do símbolo: q = 9, qM = 90.000, M = 10.000. Assim, 783.459 = 78 miríadas + 3.459 = ohM, gunq. As frações eram indicadas mediante o numerador seguido de um acento e o denominador com dois acentos. Assim,

Em outras palavras, inicialmente, os números eram expressos por linhas e traços, em arranjos simétricos, e depois por letras (as 24 letras do alfabeto

[87] BOYER, Carl. *História da Matemática.*

mais três em desuso), e eram 13/29 = ig‘kq[88], concebidos como unidades independentes, e não em sequência. Apesar dessa grafia, incômoda e trabalhosa, conseguiram os gregos avanços extraordinários no campo da Aritmética, o que permitiria, igualmente, progressos monumentais no campo da Geometria, Mecânica e Astronomia. Não se conhece o processo utilizado nas operações de cálculo, ainda que se possa deduzi-lo. Usavam os gregos para suas operações o ábaco, pequena tábua polvilhada com areia fina, sobre a qual podiam somar, subtrair, multiplicar, dividir, potenciar e extrair raízes de números inteiros e frações.

Os pitagóricos acreditavam ser o Universo governado pelos números inteiros. Tudo são números, teria dito Pitágoras. Essa ideia mística atribuía, assim, uma condição absoluta, se não divina, aos números e suas relações. Filolau escreveria que “o um é o principio de todas as coisas”. Daí se consagrarem totalmente ao estudo dos números em todos os seus aspectos, buscando, através de seu entendimento e compreensão, o conhecimento do Mundo. Aristóteles escreveu em *Metafísica* que os pitagóricos julgavam que a Natureza seria feita à imagem dos números, que seriam, assim, os elementos de todas as coisas, e que todo o Universo é harmonia e número.

Utilizando arranjos geométricos e de disposição de pedras (usadas para a contagem), procuraram, inclusive visualmente, facilitar o processo dedutivo das propriedades numéricas. Dessa forma, interessaram-se pelos números figurados ou poligonais, surgidos com a contagem em forma triangular, em forma quadrada. Havia números triangulares (1, 3, 6, 10, 15), quadrados (1, 4, 9, 16), pentagonais (1, 5, 12, 22), números formados de retângulos de lados desiguais (números heteromeques), números formados por pirâmides de base quadrada e de base triangular, números cúbicos, e, até, números altares (formados por pirâmides cujas bases eram retângulos de lados desiguais)[89]; dentre os números triangulares, o *tetraktys* da década, isto é, a representação do número 10 por um triângulo eqüilátero, tinha um valor especial, quase sagrado. O pentagrama (estrela de cinco pontas) seria a representação da perfeição, e, como tal, símbolo de sua Escola. Interessaram-se, ainda, os pitagóricos, pelos chamados números perfeitos, porque iguais à soma de seus divisores: o menor número perfeito é o 6 (1+2+3), depois o 10 (1+2+3+4), o 28 (1+2+4+7+14), o 496, o 8.128 e o 2.096.128; Euclides criou uma fórmula geral para calculá-los. Por sua vez, os números imperfeitos não correspondem à soma de seus divisores (como o 12

[88] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
[89] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

– 6+4+3+2+1=16, e o 16 – 8+4+2+1=15). Consta que o próprio Pitágoras teria descoberto os números amigáveis, isto é, dois números em que cada um é igual à soma dos fatores do outro: o par 220 e 284 é amigável (único conhecido na Antiguidade) – os fatores de 284 são 1, 2, 4, 71 e 142, que, somados, dão 220, enquanto os fatores de 220 são 1, 2, 4,5, 10, 11, 20, 22, 44, 55 e 110, que, somados, dão 284. Fermat descobriria, em 1636, outro par de números amigos: 17296 e 18416, e Descartes, o par de números 9.363.584 e 9.437.056; mais tarde, Euler encontrou uma lei de formação geral e produziu mais de sessenta outros pares de números amigáveis.

Outro número muito estudado pelos pitagóricos foi o número primo, isto é, o que tem como únicos divisores ele próprio e a unidade: 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, etc. Eratóstenes criou uma técnica para calculá-los (o famoso Crivo de Eratóstenes – numa tabela de 1 a 100, eliminar o número 1 e todos os números pares,exceto o 2, e excluir todos os múltiplos maiores de3, 5 e 7; os números restantes são primos) e Euclides considerou não haver número finito de números primos. Os pitagóricos identificaram, ainda, os chamados primos gêmeos (3 e 5, 5 e 7, 11 e 13, 17 e 19, etc.) e os primos entre si. Interessaram-se, também, os pitagóricos, pelos "números pares" (divisíveis por 2) e ímpares (não divisíveis por 2), e pelos igualmente pares, que podem ser divididos em duas partes iguais de pares, como 4, 8, 12, 16, 20, 24, etc. Trabalharam, também, os números quadrados (resultantes da multiplicação do mesmo número – 9=3x3, 16=4x4, 25=5x5, etc.) e os números cúbicos (resultantes de duas multiplicações do mesmo número – 8=2x2x2, 27=3x3x3, 64=4x4x4, etc.). Os pitagóricos identificavam os números cardinais (1, 2, 3, 4, 5, etc.) e os ordinais (primeiro, segundo, terceiro, etc.).

Consideravam que todos os números fossem racionais, ou seja, limitados apenas a inteiros e frações. É que todas as linhas deveriam ser constituídas de número inteiro de pontos, e, no entanto, a diagonal de um quadrado e os seus lados não o são. A descoberta, pelos próprios pitagóricos, dos chamados números irracionais ou incomensuráveis, sem relação com a unidade (raízes quadradas de dois, de três, o pi) criou o grave problema da constatação da existência de número que não era inteiro, abalando todo seu sistema filosófico. A solução foi considerar que não se tratava realmente de números, pelo que sua existência foi esquecida, até a publicação do[90] *Opus Arithmeticae* (1167), de G. Cremona, que o chamou de número irracional.

[90] EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

Sobre o particular, foi importante a contribuição de Teodoro de Cirene (465-398), professor de Geometria de Platão, que provou a irracionalidade da raiz dos números inteiros não-quadráticos (2, 3, 5), desenvolveu a prova de que a raiz de 2 era irracional, a partir do Teorema de Pitágoras, e criou a famosa Espiral de Teodoro para a construção de raízes quadradas de inteiros.

Ainda nesse extenso e amplo exame das propriedades dos números, os pitagóricos se interessaram, também, pelas médias, tanto a aritmética (isto é, o número do meio da progressão – o 5 é a média aritmética na progressão 4, 5, 6) quanto a geométrica (isto é, o número do meio de uma progressão geométrica – o 4 na progressão 2, 4, 8, ou o 9 na progressão 3, 9, 27). O progresso da Aritmética, extraordinário, em função dos estudos pioneiros da Escola de Pitágoras, não se limitou, porém, a esses primeiros matemáticos gregos. Ao longo de sua história, os antigos helenos cultivaram, sempre com grande interesse, o estudo dos números, contribuindo para um mais amplo e profundo conhecimento de seus atributos[91].

É de Euclides a demonstração do chamado Teorema Fundamental da Aritmética, segundo o qual todo número inteiro "n" maior que 1 (um) pode ser representado de modo único como um produto de fatores primos. Arquitas (Médias Aritmética e Geométrica), Eratóstenes (Crivo), Eudoxo (Teoria das Proporções), Euclides (Elementos, Números Primos e Teorema Fundamental), Arquimedes (Números Irracionais) e Apolônio (Cones), entre outros, deram contribuições valiosas no campo da Aritmética.

Já no período de declínio da civilização grega, cabe registrar os estudos aritméticos de Nicômaco de Gerasa (século I), na *Introdução à Aritmética*; de Teon de Esmirna (século II), em *O que deve ser útil para a leitura de Platão*; e de Diofanto, no *Livro de Aritmética* (século III), em 13 livros, dos quais 6 sobreviveram.

2.1.7.1.2 Álgebra

Os matemáticos gregos, pioneiros, criadores e férteis nos campos da Aritmética e da Geometria, não foram capazes de atingir o grau necessário de abstração – de qualidade e de quantidade – para criar a Álgebra. Os problemas abordados pela Matemática helênica ou eram geométricos, ou

---

[91] EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

traduzidos em termos geométricos. Como escreveu Horta Barbosa [92], " ... figuras da Matemática grega não são entes abstratos mui diferentes dos corpos simples da Química... semelhante tipo de abstração... faz dela uma Matemática apegada aos corpos naturais, uma Matemática de figuras, uma Matemática táctil,com uma característica concepção corporal e geométricados números". Assim, a Álgebra, como cálculo de relações, não existiu autônoma, mas ligada à Geometria, na Grécia Antiga. Por essa razão, a quase totalidade dos historiadores da Matemática se limita a mencionar Diofanto (321-401), de Alexandria, que, já no ocaso da civilização helênica, foi um precursor da Álgebra. O papel de Diofanto na evolução da Matemática foi dos mais importantes, pois ao inovar com as notações, substituindo as expressões, até então escritas com palavras, por símbolos, permitiu uma abreviação, facilitando o processo de cálculo.

Seu *Livro de Aritmética* é considerado o primeiro na utilização de símbolos para a indicação de incógnitas e potências, e na resolução de equações indeterminadas (ou diofantinas) e determinadas; um total de 130 problemas de natureza variada é examinado na obra. Foi, assim, o criador das chamadas diofantinas, método para a solução de determinadas equações algébricas.

2.1.7.1.3 Geometria

O primeiro grande geômetra grego foi Tales de Mileto, que teria adquirido seus conhecimentos matemáticos com os sacerdotes do Egito, onde se praticava uma geometria prática e empírica, sem cunho científico ou preocupação teórica, limitada a receitas para o cálculo de áreas e volumes. Os gregos transformariam essa incipiente e pragmática Geometria em uma parte da Matemática, baseada na axiomatização e na dedução lógica. A Geometria passaria a ser estudada como Ciência em si, e não somente pelo seu caráter utilitário. Noções, como as de ângulo, ponto, linha, reta e curva, foram criações gregas.

Os estudos de Geometria se iniciaram na Escola jônica, mas se enriqueceram com as valiosas contribuições das Escolas Pitagórica, Eleática e Platônica. Os avanços para uma melhor compreensão e utilização da Geometria se devem, ainda, a extraordinários geômetras, como Demócrito

[92] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

de Abdera, Eudoxo, Eratóstenes e Hipócrates de Quíos. O período áureo da Geometria helênica correspondeu aos trabalhos de Euclides, de Arquimedes e de Apolônio, expoentes da chamada Geometria euclidiana (plana e no espaço), consubstanciada no célebre livro *Elementos*, que dominaria, de forma absoluta e incontestável, por dois mil anos, a Geometria, até o surgimento da chamada Geometria não-euclidiana, descoberta independentemente por Lobatchesvki, Bolyai e Gauss, na segunda metade do século XIX. Alguns historiadores da Matemática apresentam a evolução da Geometria grega através de dois grandes sistemas: o pitagórico e o euclidiano.

O filósofo Tales de Mileto é considerado como primeiro matemático grego, e consta que, em viagem ao Egito, teria medido a altura da pirâmide de Quéops pela sombra projetada do monumento através de triângulos semelhantes. Proclus (411-488) atribuiu a Tales quatro teoremas do primeiro livro de *Elementos*: 1) um círculo é dividido por qualquer diâmetro em duas partes iguais; 2) os ângulos da base de um triângulo isósceles são iguais; 3) se duas retas se cortam, os ângulos opostos são iguais; e 4) dois triângulos que possuem dois ângulos e uma reta respectivamente iguais, são iguais. Tales contribuiu, também, para a solução de problemas práticos, como a da medição da distância, vista de uma torre, de um navio ao mar.

Para os gregos, a Matemática era pensada sob a forma geométrica; nesse sentido, para a Escola de Pitágoras os números só tinham sentido se ligados a formas de linhas, triângulos, quadrados, pentágonos, cubos, prismas, pirâmides. Na Geometria espacial, os pitagóricos já conheciam três poliedros (sólidos) regulares: o tetraedro (quatro faces), o cubo (seis faces) e o dodecaedro (12 faces); o octaedro (oito faces) e o icosaedro (vinte faces) seriam descobertos mais tarde, por Teeteto (415-368), discípulo de Platão[93]. A Geometria pitagórica constitui a maior parte das matérias nos Livros I, II, IV e VI de *Elementos*, o que atesta a importância e a relevância dos estudos e descobertas da Escola de Pitágoras para o desenvolvimento da Geometria.

É de Pitágoras o célebre Teorema dos Triângulos Retângulos (o quadrado da hipotenusa de qualquer triângulo retângulo é igual à soma do quadrado dos catetos), bem como o de que a soma dos três ângulos de um triângulo é igual a dois retos. Apesar de os pitagóricos atribuírem ao número uma natureza mística, seus conceitos de ponto, linha e superfície eram ligados a conceitos

---

[93] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

corpóreos. O ponto (mônada) era extenso – da mesma extensão que se atribui a um grão de areia – e a linha era uma sucessão de pontos materiais indivisíveis, verdadeiros átomos. A descoberta de número irracional – o lado e a diagonal de um quadrado não têm medida comum, são incomensuráveis, pois as linhas não são constituídas por número inteiro de pontos –, feita pelos próprios pitagóricos, em decorrência do Teorema dos Triângulos Retângulos, gerou uma crise na concepção pitagórica do Mundo, pois significava que as linhas devem ser divisíveis ao infinito, e que, portanto, os pequenos pontos materiais não existem. Horta Barbosa explicaria bem este ponto: "se o espaço é número e o número um conjunto de pontos materiais, será impossível encontrar dois números tais que, medindo um deles, por exemplo, o lado de um quadrado, o outro meça exatamente a sua diagonal. O lado e a diagonal de um quadrado não têm, portanto, medida comum, isto é, são incomensuráveis entre si".

O abalo sofrido pela Escola de Pitágoras teve terríveis e imediatas consequências para o desenvolvimento da Matemática, pois a legitimidade das investigações científicas e do uso dos sentidos e das experiências para o seu desenvolvimento progressivo passou a ser contestada. Como reação, e em refutação às concepções filosóficas de Demócrito de Abdera (atomismo), de Heráclito de Éfeso (tudo muda, tudo flui – Razão e sentido na construção da Ciência) e de Pitágoras (tudo é número), a Escola Eleática, recorrendo exclusivamente à Razão e à dedução, defendeu existir tudo que a Razão conceber claramente, e negou tudo que fosse inconcebível, mesmo que os sentidos acusassem sua existência física. Para Parmênides, de Eleia, as percepções dos sentidos eram irreais. Zenão, famoso por seus paradoxos, atacou o conceito de mônada, básico para o pitagorismo, e a concepção de espaço descontínuo: se a mônada existe, todo segmento de reta deve ter um comprimento superior à sua ordem de grandeza; portanto, a soma de uma infinidade de segmentos será, obrigatoriamente, infinita. Com suas críticas, Zenão forçou a reformulação das noções pitagóricas de unidade e espaço, que resultaria, bem mais adiante, na geometria axiomática euclidiana. Proclus atribuiu a Parmênides a definição euclidiana de ponto: "aquilo que não tem partes".

Coube a Eudoxo de Cnido demonstrar os Teoremas de Demócrito de Abdera sobre os volumes da pirâmide e do cone, que seriam iguais a um terço dos volumes dos prismas e dos cilindros de bases e alturas iguais. Eudoxo (408-355) usou para a demonstração dos dois teoremas o método de

exaustão, que consiste em inscrever, por exemplo, polígonos regulares de 4, 8, 16, 32, etc. lados num círculo dado. Os perímetros desses polígonos são inferiores ao perímetro do círculo. A diferença decresce continuamente com as sucessivas duplicações do número de lados dos polígonos. Há uma exaustão progressiva daquela diferença. Levado esse processo ao limite, isto é, ao ponto em que o número de lados do polígono inscrito se acerque do infinito, a diferença ficará nula e o seu perímetro igualará a circunferência do círculo. Apesar de suas obras matemáticas não terem chegado a nossos dias, sabe-se que Eudoxo escreveu *Sobre os contactos de um círculo e de uma esfera*, *Sobre a Geometria*, *Sobre os números* e *Sobre as linhas e os sólidos irracionais*[94].

Coube ainda a Eudoxo a demonstração do famoso Teorema de Hipócrates de Quíos – que aparece no livro XII de *Elementos* – sobre a proporcionalidade das áreas dos círculos aos quadrados dos seus diâmetros. É de autoria de Eudoxo a Teoria das Proporções, aplicável a grandezas comensuráveis e incomensuráveis, exposta no livro V de Euclides. O problema das proporções derivava dos famosos números irracionais, que, não podendo ser expressos como simples proporções, significavam ou a rejeição de qualquer correspondência entre a Aritmética e a Geometria, ou se reconhecia que o irracional era uma nova espécie de número. Optando pela segunda hipótese, Eudoxo provou, rigorosamente, que tais números de fato existiam, que podiam ser usados como os outros números e que havia justificativa geométrica para eles[95].

A contribuição de Eudoxo para a Matemática foi extraordinária, pois não se limitou à demonstração de teoremas, à formulação da Teoria das Proporções e à demonstração (na Proposição X – 1, dos *Elementos* de Euclides) do método de exaustão; esclareceu as proporções do segmento áureo (divisão de um comprimento, de tal forma que a relação entre a parte menor e a maior é igual à relação entre a parte maior e o todo) e criou o método formal de apresentar teoremas e axiomas geométricos, técnica chamada de euclidiana. Eudoxo é, igualmente, famoso na Astronomia, pois foi o autor da Teoria das Esferas Homocêntricas, conceito astronômico de grande influência durante os 1800 anos seguintes.

A Geometria helênica se defrontou com três grandes e clássicos problemas: a duplicação do cubo, a trissecção do ângulo e a quadratura do

---

[94] DUVILLIE, Bernard. *L´Émergence des Mathématiques.*
[95] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

círculo. O primeiro consistia em se encontrar o comprimento dos lados de um segundo cubo que tivesse duas vezes o volume de um dado cubo. Na impossibilidade de encontrar resposta com o uso exclusivo da régua e do compasso, Hipócrates de Quíos utilizou-se do método matemático chamado redução geométrica: redução do problema a um mais simples, resolução deste e, depois, utilização desse último resultado para solução do problema original. Arquitas, Menecmo e o sofista Hípias de Elis (para o que inventou a quadratriz) procuraram, igualmente, resposta a este problema, sem solução, se restrito ao uso da régua e compasso. A solução do problema da trissecção do ângulo, ou a divisão em um número ímpar de partes iguais, foi tentada por Hípias de Elis com a quadratriz, curva transcendente que, inclusive, permite dividir um ângulo qualquer em um número também qualquer de partes iguais[96]; o intento fracassou, pois apesar de infinitos pontos da quadratriz poderem ser construídos com régua e compasso, outros infinitos não o podem. O terceiro problema se referia à construção de um quadrado equivalente ao círculo, que depende do número *pi (ð)*, cuja incomensurabilidade seria provada, em 1882, por Lindemann. Assim, não é possível a resolução da quadratura do círculo com a régua e o compasso, nem tampouco por qualquer outro processo. Antifon, Brison, Dinostrato e Hipócrates de Quíos foram alguns dos matemáticos que buscaram solução para esse problema. No estudo dessa questão, Arquimedes teria chegado a um polígono de 384 lados, e obtido para *pi* (*ð*) o valor de 3,1416.

Os filósofos Platão e Aristóteles, apesar de estarem incluídos nas listas de matemáticos pela quase totalidade dos historiadores da Ciência, não deram relevante contribuição direta pessoal à Matemática, a não ser como incentivadores, em suas respectivas Escolas, de seu estudo; ambos recorreram à Matemática, contudo, na elaboração de suas visões do Mundo. Foram contemporâneos de Platão os matemáticos Arquitas, Teeteto, Teodoro de Cirene e Eudoxo.

A Idade de ouro da Geometria grega se iniciou com Euclides (330 ?-260?), com a publicação da obra *Elementos*. É o livro, depois da Bíblia, com o maior número de traduções e edições (a primeira, na Europa, foi em 1482). Pouco se sabe da vida de Euclides, que chega mesmo a ser contestada por alguns autores. Euclides é tido como nascido em Atenas, onde fundou uma Escola de Matemática, e, depois, a célebre Escola de Matemática do

[96] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

Museu de Alexandria. Outros matemáticos, antes dele, condensaram noções de Geometria em livro, como Hipócrates de Quíos e Eudoxo; já nesses autores havia certo encadeamento lógico das proposições, definições mais estritas e apelo à Razão mais frequente que o recurso à intuição ou à construção gráfica. Com Euclides essa tendência chegaria à perfeição[97]. Depois dele, segundo muitos autores, nenhum outro conseguiu edificar um sistema geométrico diferente, que no século XX foi possível aperfeiçoar, mas não modificar. Embora se tenha concluído, no século XIX, que se o famoso Postulado das paralelas, sobre o qual repousa quase toda a Geometria euclidiana, tivesse sido formulado de outra forma, teria dado origem a novas geometrias, igualmente válidas e coerentes, nada, até agora, invalida ou retira qualquer parcela de mérito da obra de Euclides[98].

Euclides foi o grande sistematizador da Geometria grega, e sua obra, *Elementos*, em 13 Livros, foi, até muito recentemente, a base do ensino da Geometria no Ocidente. Seu método de síntese – axiomas, postulados, teoremas e provas – afetou o pensamento ocidental mais do que qualquer outro livro científico[99]. Na realidade, a obra de Euclides é, definitivamente, um marco na História da Ciência, na evolução da Matemática e no avanço do espírito científico. O método axiomático empregado nos *Elementos* parte de um conjunto de definições e postulados básicos, dos quais, por deduções rigorosas, decorrem todos os demais teoremas. O encadeamento lógico das ideias e das provas foi utilizado com o objetivo de inviabilizar eventuais objeções dos sofistas, exímios argumentadores, bastante ativos à época. Esse processo lógico faz com que cada proposição venha em seguida às previamente demonstradas. Como escreveu o já citado Pierre Rousseau, Euclides não empregou qualquer figura que não pudesse antes provar que era possível construí-la, qualquer teorema que não estivesse em bases irrefutáveis, qualquer disposição que não pudesse ser associada a um fato evidente. Essa preocupação pelo rigor permitiu a construção de um sistema que permaneceria incontestável por 23 séculos.

O Livro I apresenta 23 definições (ponto, linha, reta, superfície, plano, ângulo, figura, diâmetro, círculo, centro, perpendicular, paralelas), 5 postulados (admitidos sem demonstração – por dois pontos passa uma e

---

[97] ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de la Science.*
[98] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*
[99] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

uma só reta; um segmento de reta pode ser prolongado indefinidamente para construir uma reta; dados um ponto qualquer e uma distância qualquer se pode construir um círculo de centro naquele ponto e com raio igual à distância dada; todos os ângulos retos são iguais; e por um ponto fora de uma reta passa uma e uma só paralela a ela); 5 axiomas (evidentes sem demonstração – coisas iguais a uma terceira são iguais entre si; se iguais forem somados a iguais, os resultados serão iguais; se iguais forem subtraídos de iguais, os resultados serão iguais; coisas coincidentes são iguais entre si; e o todo é maior do que a parte) e 48 proposições. O Livro II contém 14 proposições, o III um total de 37 proposições, e o IV apresenta 16 proposições. Os primeiros 4 Livros tratam das proposições mais importantes da Geometria plana, referentes aos triângulos, paralelogramos, equivalências, Teorema de Pitágoras, circunferências, inscrição e circunscrição de polígonos regulares. Os Livros V (25 proposições) e VI (33 proposições) estudam a proporcionalidade e a teoria da semelhança dos polígonos e suas aplicações. Os três Livros seguintes se referem à Aritmética e "se constituem no mais antigo tratado conservado da teoria dos números e o mais rigoroso até o início do século XIX. Não se deve procurar aí a Aritmética prática, mas um conjunto de estudos teóricos sobre a natureza do número inteiro"[100]; do Livro VII constam 39 proposições; do VIII, um total de 27 proposições; e do IX, 36 proposições, inclusive as equivalentes ao teorema fundamental da Aritmética e à infinidade de número primos. O Livro X, com 115 proposições, é o mais extenso; cuida dos irracionais quadráticos e bi quadráticos, inclusive aplicados a problemas de álgebra geométrica do segundo grau[101]. Os três últimos Livros são dedicados à Geometria do espaço, sendo que o XI (39 proposições) e os XII e XIII, cada um com 18 proposições, apresentam propriedades de Geometria plana e do espaço, e, também, estudos sobre os cinco poliedros regulares. Posteriormente, foram acrescentados dois Livros, o XIV, com 8 proposições, de Hipsicles, e o XV, ambos sobre poliedros.

Os *Elementos* não abrangem, contudo, todo o conhecimento matemático grego da época, mas apenas aqueles compatíveis e enquadráveis em sua sistemática. Não aparece, por exemplo, nenhuma tentativa para retificar uma circunferência, quadrar o círculo ou a superfície do cilindro, da esfera e do

[100] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[101] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência .*

cone, bem como não aborda os problemas clássicos da trissecção do ângulo e da duplicação do cubo.

O postulado mais famoso é o de n° 5, pelo esforço dos matemáticos, ao longo dos séculos, em demonstrá-lo por dedução, sem qualquer indução prévia, e por ter sido o causador da Geometria não-euclidiana, no século XIX. Esse postulado diz que por um ponto de um plano só é possível traçar uma única reta paralela a outra reta desse mesmo plano. Por não ser aceita pelos matemáticos a origem indutiva, experimental e física desse princípio, os insucessos de demonstrar *a priori* a veracidade desse postulado euclidiano levariam à Geometria não-euclidiana, "mediante a sua negação e a substituição por outros postulados adrede escolhidos e enunciados"[102].

Euclides escreveu, ainda, *Os Dados* (complemento dos *Elementos*), *Óptica, Lugares de Superfície, Pseudaria, Porismas e Os Fenômenos* (sobre Astronomia).

Cronologicamente, segue-se a Euclides o genial Arquimedes (287-212), considerado por muitos como o maior cientista da Antiguidade. Além de pioneiro na Mecânica, na Estática e na Hidrostática, foi matemático, geômetra e astrônomo. Homem versátil e prático notabilizou-se, igualmente, como inventor (parafuso de Arquimedes). Morto por um soldado romano quando da ocupação de Siracusa, seu epitáfio, a seu pedido, foi "uma esfera inscrita em um cilindro", em homenagem ao que julgava ser sua maior descoberta: a relação entre os volumes dos dois sólidos.

A lista de seus escritos, em ordem cronológica, é a seguinte[103]: i) o primeiro livro do *O equilíbrio dos planos* (Mecânica), onde consta seu axioma de simetria (Lei da Alavanca por Princípios Estáticos); ii) a memória sobre *A quadratura da parábola*, onde registrou seu célebre axioma sobre áreas, contém, além de considerações geométricas, outras de natureza mecânica; iii) o segundo livro do *O equilíbrio dos planos*; iv) os dois livros *Da Esfera e do Cilindro*, obra de Geometria, talvez de sua preferência, na qual provou que a área de uma esfera é quatro vezes a área de seu círculo máximo; v) o tratado *Das Espirais*, cujas dificuldades de interpretação só foram vencidas com o auxílio dos recursos da Geometria analítica e do Cálculo infinitesimal;vi) o tratado *Sobre os Conoides e os Esferoides*, que versa sobre paraboloides, hiperboloides de duas folhas e dos elipsoides de Revolução; vii) dois livros

[102] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
[103] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

Sobre os corpos flutuantes, onde trata de princípios de empuxos e flutuações de corpos sólidos. É dessa obra o famoso "um corpo mergulhado em um fluido em repouso sofre uma impulsão de baixo para cima igual ao peso de igual volume do mesmo fluido"; viii) o livro *Da Medida do Círculo*, no qual se utilizou do método de exaustão, de Eudoxo, para demonstrar que a área de um círculo é igual à de um triângulo cuja base é o comprimento da circunferência e cuja altura é o raio do círculo; e ix) o *Arenário*, obra matemática, na qual se propôs o objetivo de mostrar não ser infinito o número de grãos, e, portanto, a possibilidade de contar e escrever o número daqueles contidos numa esfera do tamanho do Universo. Para tanto, criou as oitavas, aperfeiçoamento notável do incômodo e precário sistema grego de numeração, cujo limite era dez mil miríadas ou cem milhões. Assim, com a utilização de expoentes, pode operar com grandes números. No *Arenário*, Arquimedes se referiu, ainda, ao sistema heliocêntrico concebido por Aristarco. Desta forma, duas obras são de Geometria plana: *Das Espirais* e *Da Medida do Círculo*, e duas de Geometria do espaço: *Da Esfera e do Cilindro* e *Dos Conoides e dos Esferoides*.

Finalmente, dentre suas grandes obras, referência especial deve ser dada à sua *Carta a Eratóstenes*, verdadeiro testamento científico (somente descoberta em 1906), na qual Arquimedes explicou seu método, que compreendia processos empíricos para investigar e descobrir. Assim, diz o geômetra: "freqüentemente descobri, pela Mecânica, proposições que, em seguida, demonstrei pela Geometria, por não constituir o método em causa uma verdadeira demonstração. É muito mais fácil, com efeito, depois de se ter, por esse método, alcançado certo conhecimento das questões, imaginar a sua demonstração, do que procurá-la sem nenhuma noção prévia... Estou convencido de que esta publicação servirá grandemente à nossa Ciência, porquanto, seguramente, sábios atuais ou futuros, com o auxílio do método que vou expor, ficarão em condições de descobrir muitos outros teoremas que ainda não surgiram em seu caminho"[104]. O método mecânico de Arquimedes consistia, basicamente, em decompor as áreas planas em tiras cada vez mais finas e em cortar os sólidos, por planos paralelos, reduzindo-os a uma soma de fatias de espessuras iguais e suficientemente diminutas.

Arquimedes é considerado o maior matemático da Antiguidade e o mais genial cientista da Grécia Antiga. Abriu caminhos na Geometria sólida, lançou

[104] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

as bases do Cálculo integral, criou um sistema para representar os números grandes. Utilizando polígono de 92 lados, demonstrou o valor de *pi* (ð) (ser menor que 3 1/7 e maior que 3 10/71). Seus trabalhos pioneiros na Mecânica, na Estática e na Hidrostática o tornam, para muitos, o verdadeiro pai da Física matemática.

Apolônio de Perga (262-190), também conhecido como o Grande Geômetra, foi o terceiro (com Euclides e Arquimedes) grande matemático da Idade de ouro da Geometria grega e o último da Antiguidade Clássica. O Livro V de sua obra *As Cônicas* (225) é considerado[105] uma das obras-primas da Geometria grega, ao lado do Livro V de Euclides, da Carta a Eratóstenes sobre o método e do Tratado sobre *As Espirais*; os dois últimos, de Arquimedes.

Chegaram a nossos dias apenas os sete primeiros Livros (de um total de 8) de *As Cônicas*, estudo definitivo sobre os cones[106]. Alguns matemáticos, antes de Apolônio, trataram do assunto, como Eudoxo, Aristeu, Menecmo, Euclides e Arquimedes. Menecmo (século IV) chegou, mesmo, a aplicar seus conhecimentos sobre as curvas das secções do cone em seus estudos sobre a duplicação do cubo. Foi Apolônio quem esgotou, com os recursos da época, a teoria dessas curvas, com o estudo sobre as secções de cone (as de ângulos agudos no vértice são as elipses, as de ângulos retos são as parábolas, e as de ângulos obtusos são as hipérboles) e quem introduziu, na terminologia matemática, os termos elipse, parábola e hipérbole, obtidas a partir de secções planas de um cone duplo. A obra contém um total de 480 proposições rigorosamente demonstradas sobre a elipse, a parábola e a hipérbole Os estudos de Apolônio sobre essas curvas viriam a ter aplicação no século XVII, com Kepler, ao substituir as órbitas circulares dos planetas pela elíptica.

As outras obras de Apolônio são conhecidas por menção de outros matemáticos, principalmente Pappus, como *Cortar uma Área*, *Sobre Secção Determinada*, *Tangências*, *Inclinações*, *Resultados Rápidos*, *Dividir em uma Razão*, *Lugares Planos*. Consta ainda ter sido Apolônio o criador de um modelo matemático de representação do movimento dos planetas, denominado teoria dos ciclos e epiciclos, que seria da maior utilidade para Ptolomeu, e em oposição ao modelo das esferas concêntricas de Eudoxo.

---

[105] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[106] BOYER, Carl. *História da Matemática.*

Contemporâneo de Arquimedes e Apolônio, outro notável matemático foi Eratóstenes de Cirene, já mencionado como inventor do Crivo para identificar os números primos e como destinatário de famosa carta de Arquimedes sobre seu método científico. Sua grande realização foi o método utilizado para a determinação do tamanho da circunferência da Terra, por ocasião do solstício do verão no Hemisfério Norte.

Hiparco, reputado como o maior astrônomo da Antiguidade, deve ser citado num capítulo sobre Matemática pela aplicação que fez da Geometria em seus estudos astronômicos; escreveu em doze livros um tratado sobre as cordas do círculo, introduziu na Grécia a divisão do círculo em 360 graus divisíveis, cada um em 60 minutos de 60 segundos e empregou proposições de Trigonometria esférica para calcular arcos em Astronomia por outros arcos dados por meio de tábuas.

Menção deve ser feita a Herão de Alexandria (65-125), autor de *Geométricas*, onde expôs sua fórmula para cálculo de áreas de figuras geométricas regulares de 3 a 12 lados, círculos e seus segmentos, elipses e segmentos parabólicos, além de superfícies de cilindros, cones e esferas e seus segmentos. Desenvolveu, ainda, fórmulas para o cálculo de volume de vários sólidos, como cones, prismas, pirâmides e cilindros.

A Geometria grega não registrou, após Apolônio, nenhum outro autor original ou mesmo grande pesquisador. No entanto, Pappus de Alexandria (século IV) deve ser mencionado por seus livros (que não chegaram até nós, infelizmente), nos quais comentou a obra de Euclides (os *Elementos* e os *Dados*) e de Ptolomeu (o *Almagesto* e o *Planisfério*) e pela *Coleção Matemática* (em oito volumes), onde apresentaria toda a Geometria de seu tempo e trataria da questão da isoperimetria; a obra tem o valor adicional para a história da Matemática por descrever um conjunto de doze obras de diversos autores (Euclides, Apolônio, Aristeu, Eratóstenes), comentar o trabalho de muitos geômetras e fornecer comentários e provas alternativas do que fora feito por geômetras anteriores[107].

2.1.7.1.4 Trigonometria

Para muitos autores, a Trigonometria, ainda que incipiente e no estágio pioneiro, foi objeto de estudos na antiga Grécia. A evolução foi lenta, já que

[107] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

não dispunham os matemáticos helênicos de instrumental apropriado para a Geometria esférica e a Trigonometria. A Álgebra geométrica, muito útil para a Geometria plana até as cônicas e, portanto, bastante utilizada, era, contudo, inoperante para o estudo das esferas. Havia necessidade de resolver problemas relativos às distâncias e às direções, valendo-se de triângulos e de suas partes, bem como das relações que mantêm entre si.

O impulso para esses estudos pioneiros se deveu à Astronomia, a partir do século IV, pela descoberta da esfericidade do Céu e da Terra[108]. Os Tratados de Autolycus de Pitane (360-290) intitulados *Sobre a Esfera em Movimento*, e de Euclides (*Os Fenômenos*) demonstram, igualmente, a elaboração, na Escola de Eudoxo, de um *Manual sobre a esfera fixa*. As duas primeiras obras citadas estabeleceram, por métodos elementares, as relações de desigualdade entre o tempo de se levantar e de se por dos signos do Zodíaco e de outras proposições análogas. Hipsicles, no início do século II, efetuou alguns cálculos astronômicos satisfatórios, em seu livro *As Ascensões*; para os já citados Michel e Itard, "esse fato supõe alguns conhecimentos de Geometria da esfera". Teodósio (160-90), de forma elementar, estudou, em sua obra, de três livros, as mais simples propriedades de diversos círculos traçados sobre a esfera. Outras fontes precursoras da Trigonometria são, normalmente, citadas, como Aristarco, o *Arenário*, de Arquimedes, a *Óptica,* de Euclides, Dinostrato e a descoberta, por Apolônio, da projeção estereográfica da esfera sobre o plano. Adicionalmente, a construção de uma tábua de cordas de círculo, instrumento fundamental em Trigonometria, é atribuída a Hiparco, pioneiro na medição dos ângulos.

Os avanços, até então, nesses estudos, eram, contudo, insuficientes para se considerar a Trigonometria como uma realidade. A situação se modificaria a partir dos trabalhos de Menelao de Alexandria (70-130) intitulados *Sobre o cálculo das cordas* (obra perdida) e um tratado, em três livros, *As Esféricas*. O primeiro livro de *As Esféricas* foi a primeira Geometria não-euclidiana de duas dimensões – a Geometria esférica –, e o terceiro livro, a *Trigonometria esférica*, que tem por base os dois teoremas de Menelao, um sobre o plano, e o outro sobre a esfera. Pouco mais adiante, o astrônomo Cláudio Ptolomeu, em sua famosa obra *Almagesto* se utilizaria dos conhecimentos de Trigonometria nos capítulos IX e XI do primeiro Livro, referindo-se, especificamente, aos teoremas de Menelao. Como escreveram Michel e Itard,

[108] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

"a partir de agora a Trigonometria grega existe. Ela utiliza a logística das frações sexagesimais. Ela tem procedimentos gerais e rigorosos para o cálculo das tabelas. Ela é quase exclusivamente consagrada à esfera onde utiliza ao máximo o Teorema de Menelao... que prepara o aparecimento do seno do arco. O defeito principal dessa Trigonometria é não colocar suficientemente em destaque os algoritmos fundamentais. Entretanto, o essencial está feito. Os sucessores indianos, árabes e ocidentais só têm que seguir o caminho assim aberto"[109]

2.1.7.2 Astronomia

A herança recebida do conhecimento astronômico pela civilização grega era bastante superficial e incipiente, fruto de sistemática e cuidadosa, mas simples observação dos corpos celestes por motivo místico e pela necessidade de medição do tempo (calendário). Interessados nos movimentos dos astros, os mesopotâmios e os egípcios passaram a aplicar seus rudimentares conhecimentos matemáticos para expressar tais fenômenos. A incipiente Astronomia era, então, privativa dos sacerdotes, utilizando-a como instrumento de poder.

A Astronomia como Ciência, com o objetivo de conhecer os corpos celestes, suas constituições, suas posições relativas e as leis de seus movimentos, é uma criação grega. Da mera observação para fins práticos e religiosos, do enfoque empírico e da aplicação do cálculo aritmético, a Astronomia, com os gregos, atingiu o estágio do método científico e a aplicação da Geometria (e da Trigonometria) no estudo da abóbada celeste. A Astronomia deixou de se limitar a uma Astronomia de posição e passou ao estudo dos fenômenos com vistas a compreendê-los e a conhecer suas leis. É a Astronomia matemática, é a Ciência astronômica. Assim, se a observação e a imaginação do Céu remontam aos Tempos Pré-históricos, e a acumulação empírica de dados permitiu o surgimento de uma Astronomia de posição, foi, contudo, na antiga Grécia que surgiu, graças ao espírito científico, a Astronomia como Ciência[110].

Dependente da observação, a Astronomia na Antiguidade (na realidade até o início do século XVII) dispunha de poucos e rudimentares instrumentos, incapazes de oferecer adequada visibilidade dos corpos celestes e permitir a

---

[109] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[110] KOYRÉ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico.*

acurada determinação da posição (coordenadas angulares) dos astros em relação à Terra. A posição entre os astros era relativa, tendo como referência a Estrela Polar, que sempre orientou os navegantes. Não era conhecida a terceira dimensão, ou seja, as estrelas eram pontos luminosos espalhados na superfície de uma esfera cujo centro era a Terra. Essa Astronomia, limitada em boa medida à observação a olho nu, contava, basicamente, com instrumentos bastante simples: goniômetros (para medir ângulos), bússolas, astrolábios e esferas armilares, constituídas por círculos representando o Equador, a eclíptica, um meridiano fixo e outro móvel.

Se desconhecidos os observadores (sacerdotes) dos corpos celestes nas civilizações mesopotâmica e egípcia, e se pouco se conhece da Astronomia chinesa dessa época, a situação é bastante diferente na Grécia, onde filósofos especularam e matemáticos aplicaram seus conhecimentos, dando à Astronomia esse caráter científico. Obras foram publicadas e cooperação estabelecida entre os estudiosos. A História da Astronomia grega revela um elevado número de sábios dedicados a seu estudo, desde Tales de Mileto até Ptolomeu, cobrindo cerca de oito séculos. Os mais célebres e importantes para o desenvolvimento dessa Ciência foram Tales, Anaximandro, Pitágoras, Heráclito de Éfeso, Filolau, Anaxágoras, Demócrito, Meton (século V), Platão, Eudoxo, Heráclides do Ponto (387-312), Aristóteles, Calipo (370-310), Euclides, Arquimedes, Aristarco (310-230), Eratóstenes (276-197), Apolônio (262-190), Hiparco (190-120), Hipsicles (190-120), Possidônio (135-51), Sosígenes (século I), Menelao (70-130), Ptolomeu (85-165).

Leon Robin, em *O Pensamento Grego*, citado por Jean-Pierre Verdet[111], esclareceu que "aquilo que os primeiros sábios gregos puderam, assim, receber do Oriente são materiais acumulados de uma experiência bem antiga, são perguntas propostas à reflexão desinteressada. Sem isso a Ciência grega talvez não tivesse podido se formar e, nesse sentido, não se pode falar em milagre grego. Porém, de outro lado, em vez de ter visado primeiramente à ação, esses primeiros sábios buscaram a explicação racional; nela e na especulação é que eles acharam, de imediato, o segredo da ação. Eis o ponto de vistade onde saiua nossa Ciência...".

Na realidade, mais filósofos que observadores, os gregos, no Período conhecido como Pré-Socrático[112], iniciaram, compreensivelmente, os estudos

---

[111] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*
[112] COLEÇÃO Os Pensadores - *Pré-Socráticos.*

astronômicos por especulações abstratas; os campos da Cosmologia e da Cosmogonia se prestavam, devido à natural curiosidade, a essas especulações. Consta que Tales, já convencido da esfericidade da Terra, defendia ser a Lua iluminada pelo Sol, e teria previsto o eclipse solar de 28 de maio de 525. Anaximandro, da Escola jônica, teria introduzido o *gnomon* na Grécia, estudado as estrelas (suas distâncias e grandezas) e teria formulado o conceito de uma lei universal presidindo o processo cósmico total.

Apesar do uso da Matemática nas suas especulações, as teorias astronômicas da Escola Pitagórica eram também fruto de seu amor à beleza, à simetria e ao número. Assim o Céu e a Terra eram esféricos, os planetas giravam em torno da Terra em círculos (as mais simples e belas curvas), a Terra era um planeta que girava em torno de um fogo central, no centro do Universo; o número de corpos móveis no Universo seria dez (chamado *tetratkys* – derivado de 4 – que resulta da soma dos 4 primeiros algarismos), pois este número tinha um valor simbólico especial na numerologia pitagórica: assim, um fogo central, a Terra, o Sol, a Lua, os 5 planetas conhecidos, e, para chegar a dez, uma anti-Terra que, como o fogo central, não é visível da Terra. Heráclito de Éfeso defendeu a mutabilidade das coisas e a existência de uma lei universal e fixa (o Logos). Anaxágoras negou o caráter divino do Sol e da Lua, e explicou corretamente as fases da Lua; foi o primeiro a explicar os eclipses em termos da projeção sobre a Terra da sombra lunar ou da projeção da sombra terrestre sobre a Lua. Com base em suas observações, sustentou a existência de montanhas na Lua. O atomista Demócrito, em *Grande Ordem do Mundo* especulou, igualmente, sobre a ordem, a constituição e a forma do Universo.

Na evolução da Astronomia grega deve ser mencionado o hoje chamado ciclo de Meton (ou ano de Meton, ou Grande Ano), correspondente a um ciclo astronômico de 19 anos, anunciado nas Olimpíadas (432 a.C.). Nos tempos de Meton, de cuja vida pouco se sabe, os calendários gregos eram lunissolares, ou seja, os meses eram teoricamente lunares, sendo o primeiro dia marcado pela lua-nova, enquanto o ano era solar. Já que o mês sinódico (período de tempo de Revolução do astro) mal ultrapassa 29,5 dias, os meses civis eram ou de 29 dias, meses cavos, ou de 30 dias, meses plenos; e como 12 desses meses perfazem apenas 354 dias, enquanto que o ano solar é de 365 dias e um quarto, era necessário intercalar um décimo terceiro mês ao fim de alguns anos para permanecer de acordo com as estações[113]. Como

[113] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*

19 anos solares correspondem a 235 meses lunares sinódicos verdadeiros, era necessária a intercalação de sete décimo terceiros meses, provavelmente a cada três anos (3°, 6°, 8°, 11°, 14°, 17° e 19°). Já que 19 anos solares contêm 6.940 dias, um ciclo metônico compreendia 110 meses cavos e 125 meses plenos. Meton utilizou os meses do Calendário de Atenas, sendo que o primeiro ciclo principiou a 27 de junho de 432, dia em que o próprio Meton observou o solstício de verão (do Hemisfério Norte). Como escreveu Verdet, o ciclo de Meton, embora suplantado por outros, permanece, depois do sistema dos anos egípcios, como a primeira construção apta a situar com facilidade os dados astronômicos em uma escala de tempo.

Se para os historiadores da Astronomia grega Hiparco foi sua maior expressão, a Astronomia Matemática remonta a Eudoxo de Cnido, que construiu em sua cidade um observatório e um quadrante solar. Arquimedes diz haver ele avaliado o diâmetro do Sol em nove vezes o da Lua. A contribuição famosa de Eudoxo à Astronomia é devida a Platão, que necessitava de um modelo que, baseado na noção de que o movimento dos corpos celestes era circular, uniforme e constantemente regular, pudesse salvar as aparências que os astros errantes (planetas) apresentam. O chamado Sistema de Eudoxo de esferas girantes e homocêntricas – concêntricas entre si – consiste em estarem as estrelas, o Sol, a Lua e os cinco planetas suportados e transportados por um conjunto de esferas concêntricas à Terra, imóvel no meio do Universo. Um astro, por exemplo, é fixado no equador de uma esfera que gira uniformemente em torno de um eixo, que, por sua vez, tem os seus extremos fixos numa segunda esfera, também concêntrica à Terra, maior do que a primeira, e que, do mesmo modo, gira em velocidade constante. O eixo dessa segunda esfera é levado por uma terceira ainda maior e homocêntrica com as anteriores, e assim por diante. Os sistemas de esferas motoras, ou deferentes, que conduzem cada astro, eram independentes uns dos outros e constituídos de modo a reproduzir os movimentos aparentes do astro correspondente. Tendo verificado as posições dos eixos e as velocidades uniformes de rotação de tais esferas, Eudoxo chegou a um total de 27 esferas, 1 (que gira de Oriente a Ocidente ao redor do eixo do Mundo) é a das estrelas fixas, 3 esferas para o Sol e outras 3 para a Lua, e para o movimento de cada planeta (5) 4 esferas. Eudoxo se absteve de imaginar a substância dessas esferas, o modo de inserção dos eixos, as suas dimensões e a causa dos respectivos movimentos. Ateve-se, exclusivamente, ao problema

geométrico, pois considerou as esferas como meras hipóteses matemáticas[114].

O modelo geométrico de Eudoxo – para explicar os movimentos dos corpos celestes – bastante satisfatório para Saturno, Júpiter e Mercúrio, na medida em que esclarecia os movimentos em longitude, as estações e as retrogradações, apresentava problemas para os movimentos de Vênus e Marte, e de alguns movimentos do Sol e da Lua. O modelo de Eudoxo, se bem que matematicamente correto, não levava em conta a mudança de brilho dos planetas, enquanto prosseguiam em suas órbitas. Com vistas a melhorá-lo, Calipo (370-310) introduziu quatro esferas a mais com o intuito de salvar os movimentos do Sol e da Lua (elevando a 5 o número de esferas para cada um) e três para salvar o dos planetas Mercúrio, Vênus e Marte (uma esfera a mais para cada um desses planetas), elevando o total de esferas para 34.

Heráclides do Ponto (387-312) é outro nome dessa época com importante contribuição para a Astronomia grega ao admitir a rotação diária da Terra em torno de seu eixo, ao suprimir a Antiterra dos pitagóricos (Filolau), e ao introduzir a hipótese de girarem Mercúrio e Vênus em torno do Sol, acompanhando-o em sua órbita circular centrada na Terra.

Para Aristóteles, o Universo era uma esfera com a Terra esférica e fixa no centro; o Universo era finito, porque se não o fosse, não teria centro. Admitia que as estrelas e os corpos celestes se moviam em órbitas circulares, com mecanismo das esferas homocêntricas de Eudoxo, as quais, das 27 originais e 34 de Calipo, passariam, com Aristóteles, a um total de 54 esferas, complicando ainda mais o sistema. As estrelas e os planetas se moviam a uma velocidade uniforme. Toda matéria, para o Estagirita, era composta de quatro elementos (terra, água, ar e fogo), cada um possuindo um lugar natural, ao qual procurava chegar espontaneamente. Os elementos pesados (terra e água) tenderiam a se dirigir para o centro do Universo, que coincidiria com o da Terra; sendo mais pesada que a água, a terra se acumulara em torno desse centro, dando origem ao Globo terrestre, ao passo que a água, repelida pela terra, formara os mares e os rios. A mesma explicação é válida para os objetos graves, que caem na superfície do Globo. Como a tendência de um corpo pesado em procurar seu lugar natural é maior que a de um corpo leve, Aristóteles afirmaria que um corpo cai tanto mais rapidamente quanto maior é seu peso. Como o movimento é uma mudança de lugar, que requer uma

[114] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

causa, Aristóteles distinguiu dois movimentos: o natural – tendência dos elementos de atingir seu lugar natural –, e o violento, resultado da ação de forças externas, como também distinguiu dois domínios: o Mundo sublunar e o celeste. Na Cosmologia aristotélica, o Mundo sublunar é mutável, perecível, de movimento natural retilíneo para o alto (elementos leves) ou para baixo (elementos pesados), enquanto o Mundo celestial (além da Lua) é imutável, não-físico, constituído de um quinto elemento, o éter, cujo movimento natural é o circular. O Universo de Aristóteles não teve um criador, era eterno e espacialmente infinito e contínuo, sem espaço vazio ou vácuo.

Eram patentes, no III século, as imperfeições da Astronomia baseada nas esferas homocêntricas. Novos estudos e esforços surgiriam para explicar as desigualdades da marcha anual do Sol, as irregularidades dos movimentos planetários e as variações no brilho dos planetas, sem alterar a proposição de Platão de movimento circular e uniforme. O grande geômetra Apolônio de Pérgamo, que também se dedicara ao estudo da Lua, criou um modelo matemático de movimento dos planetas, denominado Teoria dos ciclos e epiciclos, em oposição ao modelo das esferas homocêntricas de Eudoxo.

As descobertas geométricas de Apolônio, do epiciclo, do deferente e do excêntrico movente seriam utilizadas por Ptolomeu no *Almagesto*. Segundo esse modelo, cada planeta percorria um círculo (epiciclo) cujo centro, por sua vez, descreveria, em torno da Terra, outro círculo (deferente), cujo centro era o centro do Mundo. Do ponto de vista do observador na Terra, o planeta iria exibir um movimento retrógrado e sua distância até a Terra também iria variar, explicando a mudança na luminosidade aparente do planeta. Assim, ao combinar o movimento dos dois círculos, é possível descrever as peculiaridades dos movimentos dos corpos celestes, ou, em outras palavras, salvar as aparências.

Menção especial deve ser feita a Aristarco de Samos (310-230), pioneiro do heliocentrismo, que, pela ousadia e vanguarda, não teve sua teoria aceitação nos meios científicos, até Copérnico[115]. A obra de Aristarco é conhecida através de Arquimedes: "Ele supôs que o Sol e as estrelas fixas permanecem imóveis, com o Sol no centro e a Terra girando ao seu redor em movimento circular". Uma das explicações pela falta de apoio a tal teoria é de ordem técnica[116]: se o Sol fosse o centro do Universo, um efeito astronômico

115 LLOYD, Geoffrey. *Une Histoire de la Science Grecque.*
116 GLEISER, Marcelo. *A Dança do Universo.*

conhecido pelo nome de paralaxe estelar (as estrelas deviam aparecer alterando um pouco suas posições relativas) poderia confirmá-lo. Mas os gregos não conheciam a paralaxe, impossível de ser observada a olho nu, razão pela qual caiu no esquecimento a teoria heliocêntrica; a paralaxe só seria detectada em 1838, por Friedrich Bessel. O único astrônomo de renome que aceitaria as ideias de Aristarco seria Seleuco (190-?). Outro motivo da rejeição do modelo de Aristarco foi contrariar a Física de Aristóteles, que não poderia aceitar o Sol, feito de éter, como centro do Universo, pois não explicaria o fato de as coisas caírem sempre em direção do centro (Terra). Apenas o trabalho intitulado *Sobre os Tamanhos e Distâncias do Sol e da Lua*, de Aristarco, chegou até nós. Aristarco utilizou cálculos geométricos e observação astronômica para obter os tamanhos e distâncias relativas do Sol e da Lua: i) a distância entre o Sol e a Terra é, aproximadamente, 19 vezes maior que a distância entre a Terra e a Lua; o número correto (atual) é 388; ii) o diâmetro do Sol é, aproximadamente, 6,8 vezes maior do que o diâmetro da Terra; o número correto é 109; iii) o diâmetro da Lua é, aproximadamente, 0,36 o diâmetro da Terra; o número correto é 0,27. Os erros em i e ii acima não são matemáticos, mas devido a dados astronômicos, cujas medidas eram feitas a olho nu.

Contribuição importante para a Astronomia e a Geografia foi a de Eratóstenes (276-194), homem de vasta cultura, interessado em todas as Ciências da época. Respeitado e admirado por Arquimedes, Eratóstenes foi o primeiro a estimar o comprimento da circunferência terrestre (37 mil km – a circunferência polar da Terra é de 39.941 km), medindo a diferença de latitude entre as cidades de Siena (Assuã) e Alexandria.

Na evolução da Astronomia helênica, Hiparco de Niceia (190-126) é considerado o luminar máximo, o maior astrônomo da Antiguidade, o grande observador, o verdadeiro criador da ciência celeste, figura de importância vital. Para Verdet, Hiparco inaugurou o grande período da Astronomia geométrica grega. Pouco se sabe de sua biografia, e é a Ptolomeu que se deve o conhecimento de seu trabalho. Suas notáveis realizações astronômicas nos campos do movimento planetário, do comportamento estelar, da duração do ano e das distâncias do Sol e da Lua só foram possíveis graças à invenção da Trigonometria, que lhe permitiu progressos nos cálculos. Hiparco redigiu um tratado, em doze livros, de cálculo das cordas com a elaboração de uma tabela necessária à resolução numérica dos problemas astronômicos, vale dizer, dos triângulos esféricos e planos

correspondentes[117] (ao invés da corda, usa-se, hoje, o seno e outras linhas trigonométricas, como a tangente e a secante, que vieram enriquecer e facilitar os cálculos trigonométricos).

Antes de Hiparco não havia catálogo de estrelas. No dizer de Plínio, o naturalista romano, empreendeu Hiparco um trabalho que teria feito recuar mesmo um deus, qual o de relacionar para a posteridade as estrelas e de lhes dar nomes nas constelações. Inventou ele instrumentos para determinar a posição de cada qual, bem como sua grandeza, tendo em vista facilitar reconhecer não somente se nascem novas ou desaparecem, mas, igualmente, se algumas se deslocam, ou, ainda, se aumentam ou diminuem. Deste modo, deixou ele o Céu como herança a todos que a pudessem receber[118].

Aqui cabe um parêntese sobre os instrumentos de observação astronômica, os mais usuais sendo esfera armilar e mostrador circular, feitos de anéis de metal que serviam como medidores e eram complementados por barra de observação que o astrônomo assestava no corpo celeste que estava sendo observado. Hiparco criou o astrolábio plano – disco onde um mapa móvel do Céu permitia que se fizessem cálculos dos tempos do nascimento e do poente dos corpos celestes, além de permitir medir os ângulos. Hiparco usou, ainda, o dioptre, travessa de madeira ao longo da qual se podia mover um prisma do mesmo material, que servia para medir o tamanho dos discos do Sol e da Lua. Seu catálogo registrou as coordenadas de cerca de 850 estrelas e os respectivos graus de luminosidade, fixados em 6 valores diferentes, ainda hoje adotados[119].

A descoberta da precessão dos equinócios é considerada por muitos como sua maior obra. Foi o primeiro a formular a hipótese de que todas as estrelas fixas se movem em relação aos pontos equinociais (ponto da órbita da Terra em que se registra igual duração do dia e da noite, o que ocorre nos dias 21 de março e 23 de setembro). Em virtude da saliência no Equador, a Terra oscila levemente na sua Revolução em torno de seu eixo. O efeito dessa oscilação é que o polo da Terra não está sempre na mesma posição, mas se move em círculo, completando uma Revolução em 26 mil anos. O efeito dessa oscilação produz leve alteração na posição do Sol e dos planetas, quando vistos da Terra de encontro ao fundo das estrelas fixas. Foi esta

---

[117] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
[118] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
[119] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

alteração que Hiparco notou. Determinou o ano trópico, isto é, o intervalo de tempo que separa duas chegadas sucessivas do Sol ao mesmo ponto equinocial, e o ano sideral, ou seja, o tempo que leva o Sol para voltar à mesma estrela. Servindo-se das observações de Timocáris, entre 294 e 283, e a distância em sua própria Época da estrela Espiga da Virgem da eclíptica, deduziu que a longitude da Espiga tinha aumentado de 2 segundos nos 160 anos que o separavam de Timocáris; assim, um ponto equinocial não conserva, no curso dos séculos, a mesma relação com uma estrela fixa, mas se move para diante, lentamente, ao longo do Zodíaco, do Oriente para Ocidente. A precessão calculada por Hiparco era de 1 grau, 23 minutos e 20 segundos por século, sendo a estimativa atual de apenas mais 10 segundos. Não se tratava de um deslocamento uniforme e conjunto de toda a abóbada celeste. Esse avanço aparente, descoberto por Hiparco, não era das estrelas, mas sim o resultado do recuo do ponto equinocial[120]. O fenômeno da precessão dos equinócios é hoje explicado pelo lento deslocamento do eixo de rotação da Terra, devido à ação gravitacional do Sol e da Lua sobre sua intumescência equatorial. Na época das grandes pirâmides, o eixo terrestre apontava para a constelação do Dragão; hoje em dia, está próximo da Pequena Ursa, e em 13 mil anos, será a Vega, da Lira, nossa Estrela Polar.

Deve-se ainda a Hiparco a introdução, na Grécia e no Ocidente, da divisão babilônica do círculo em 360 graus, divisíveis, cada um, em 60 minutos de 60 segundos. Rejeitou a teoria heliocêntrica de Aristarco, por falta de evidências astronômicas. Calculou a duração do mês lunar médio em 29 dias, 12 horas, 44 minutos e dois segundos e meio (menos de um segundo do cálculo atual), e a duração do ano em 365,2467 dias (para o valor atual de 365,2422). Suas medidas dos tamanhos e distâncias do Sol e da Lua eram mais exatas que as de Aristarco. Usou, para tanto, o eclipse total do Sol, em 190 (observado desde Alexandria e Helesponto), bem como estudo posterior de eclipses do Sol e da Lua. Calculou Hiparco que a distância da Lua era 60,5 vezes o raio da Terra (o cálculo atual é de 60 1/4 vezes), e a do Sol, 2.500 vezes (na realidade é dez vezes mais).

O astrônomo Guillaume Bigourdan presta homenagem ao gênio de Hiparco: “Com esse homem extraordinário surge uma Astronomia aperfeiçoada, extremamente superior à das épocas precedentes: as teorias do Sol e da Lua são elaboradas e as dos planetas esboçadas; a previsão dos

[120] LLOYD, Geoffrey. *Une Histoire de la Science Grecque.*

eclipses ficou definitivamente resolvida; pela primeira vez, são conhecidas as posições de um grande número de estrelas dispersas por todo o Céu, e a descoberta da precessão permite calcular suas coordenadas para uma época qualquer. Hiparco, por fim, fez numerosas observações; entre os gregos, foi ele, por assim dizer, o primeiro a observar. Nenhuma outra época acusa, em Astronomia, progressos comparáveis alcançados em tão pouco tempo".

Com o surto do gênio de Hiparco, a Astronomia grega como que esgotou toda sua seiva; depois dele, durante 300 anos, não surgiu nenhuma ideia nova, salvo compilações e raras observações. De alguma importância, a História da Astronomia registra os trabalhos de Possidônio (135-50) sobre a circunferência da Terra (28.962 km), que seria tomado como base de cálculo por Ptolomeu (ao invés do de Eratóstenes de 37 mil km, valor bem próximo da atual medição de 39.941 km); daí resultou que o errôneo cálculo de Possidônio serviria de base até o início dos tempos modernos para a circunferência da Terra, induzindo ao erro Colombo. Considerava que a Lua provocava as marés, calculou o disco solar, obtendo um valor próximo ao verdadeiro, e foi o primeiro astrônomo a levar em consideração, em suas observações, a refração da atmosfera terrestre. Apologista da Astrologia, ajudou a divulgá-la, apesar da tradição astronômica grega, principalmente com Eudoxo e Hiparco, e é considerado por muitos como um dos responsáveis pelo êxito da Astrologia até o século XVII.

A História da Astronomia registra, igualmente, Sosígenes, que, a pedido de Júlio César, elaborou a reforma do Calendário lunar, pelo que veio a ser conhecido como Calendário Juliano, que seria pouco modificado, em 1582, por bula de Gregório XIII. Outros conhecidos astrônomos desse período são: Geminus, autor de *Introdução aos Fenômenos*, Teodósio de Esmirna, que escreveu *Sobre os Dias e as Noites* e Cleomedes, autor de *O Movimento Circular dos Corpos Celestes*, obras consideradas de pouco valor científico.

Na História da Astronomia, a figura talvez mais controvertida seja a de Cláudio Ptolomeu, nascido no Egito, em 85, e falecido em Alexandria, em 165. Para muitos, é considerado o criador do mais sofisticado modelo de Cosmologia da Antiguidade e o ponto alto da Astronomia grega[121]; sua concepção se tornaria dogma até o século XVI, e sua obra *Almagesto*, ao lado de *Elementos* de Euclides, seria a de maior repercussão e influência por muitos séculos. No entanto, para Tycho Brahe, Laplace, Lalande, Delambre,

---

[121] PANNEKOEK, Anton. *A History of Astronomy.*

Newton e outros, Ptolomeu seria pouco mais que um compilador, um fraudador, um usurpador. Pela importância de Newton e pela violência de seus ataques, cabe registrar aqui algumas de suas passagens sobre Ptolomeu: "... isto é a história de um crime científico... quero dizer, um crime cometido por um cientista contra um companheiro cientista e intelectual, uma traição à ética e à integridade de sua profissão que impediu à Humanidade o acesso à informação fundamental sobre uma importante área da Astronomia e da História... Ptolomeu desenvolveu certas teorias astronômicas e descobriu que elas não eram consistentes com observações. Em vez de abandoná-las, ele deliberadamente "fabricou" observações a partir dessas teorias para que pudesse reivindicar que as observações provavam a validade de suas teorias. Em qualquer conhecido ambiente científico ou intelectual, essa prática é chamada de fraude e é um crime contra a Ciência e a intelectualidade".

Independentemente da controvérsia, o *Almagesto*, verdadeira suma da Astronomia antiga[122], data de 140, foi um sucesso para salvar as aparências e foi reconhecido como tal, além de expor, de forma clara e sistemática, um modelo matemático dos movimentos dos planetas. Trata-se de um vasto compêndio do conhecimento astronômico grego até seus próprios dias, com os resultados de seu trabalho sobre a teoria dos movimentos planetários, assim como um catálogo das posições de 1.022 estrelas e uma nova e ampla tábua de cordas (Trigonometria). O *Almagesto* é, na realidade, uma enciclopédia de aplicação da Geometria, inclusive esférica, à Astronomia, obra que dominou, inconteste, todo o campo dessa Ciência até Copérnico e Kepler.

O sistema de Cláudio Ptolomeu consta de três componentes: a Cosmologia, a Matemática (Geometria e Trigonometria) e uma Astronomia, com um conjunto de medidas geométricas, de quadros de números e de regras de cálculos, que permitiam localizar, num dado momento, os astros errantes (planetas, Sol e Lua) sob as estrelas fixas[123]. O trabalho de Ptolomeu foi tributário de um grande cabedal de conhecimento astronômico e do pensamento filosófico da Grécia: a Matemática de Pitágoras e de Apolônio, a Filosofia e a Matemática (Geometria) de Platão, a Filosofia e a Física (Dinâmica) de Aristóteles, e a Astronomia de Hiparco. De Pitágoras aceitou Ptolomeu a noção de que o curso dos planetas e das estrelas deveria ser circular, já que o círculo é, de todas as figuras geométricas, a mais perfeita e

[122] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*
[123] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*

a mais econômica, e a de que a Terra, que não estava no centro do Universo, era esférica, como todos os planetas; de Platão recebeu Ptolomeu a influência de seu misticismo geométrico, pelo qual a ordem na Natureza resultara de um plano universal arquitetado por uma mente divina. Platão defendia a esfericidade dos corpos celestes, e que seu movimento era circular (o círculo sendo a figura geométrica perfeita) e uniforme, ou seja, eles girariam sempre com a mesma velocidade angular. Como já eram observadas certas irregularidades (movimentos retrógrado e excêntrico) nos movimentos planetários, o problema para Platão consistia de em como deveriam tais irregularidades ser descritas em termos de combinações de simples movimentos circulares.

A solução conhecida como salvar as aparências, isto é, a redução dos complicados movimentos dos corpos celestes a simplesmente circulares, foi apresentada por: i) Eudoxo de Cnido, que criou um modelo com uma série de esferas concêntricas, com a Terra imóvel no centro. Cada um dos cinco planetas, mais o Sol e a Lua, estavam associados a esferas imaginárias (quatro para cada planeta e três para o Sol e para a Lua); adicionando-se uma esfera para as estrelas fixas, o modelo de Eudoxo contava com 27 esferas para descrever os movimentos dos corpos celestes; ii) Calipo, discípulo de Eudoxo, adicionou sete esferas ao modelo de seu mestre, com o intuito de melhorar a descrição do movimento retrógrado; iii) o grande matemático Apolônio, ao inventar o epiciclo (movimento circular que cada planeta descrevia em torno do deferente (círculo maior), enquanto este girava em torno da Terra) e iv) Hiparco (o maior astrônomo da Antiguidade), que estendeu o movimento epicíclico ao Sol e à Lua e defendeu o geocentrismo[124].

Além desse conjunto de antecedentes e contribuições para a criação de seu sistema, Ptolomeu fundamentou-se também na Física (Dinâmica) de Aristóteles, principalmente em sua teoria dos movimentos.

Com base nessas ideias e em suas próprias observações, Ptolomeu criou um sistema geocêntrico, com a Terra imóvel; a seu redor gira a Lua em um movimento de translação, de um mês, depois, Mercúrio, Vênus e o Sol, todos com suas revoluções, de um ano, depois Marte, de dois anos, depois Júpiter, de doze, e Saturno, de trinta; fechando o conjunto do sistema, uma esfera com as estrelas fixas, que fazem suas revoluções em um dia[125].

---

[124] GLEISER, Marcelo. *A Dança do Universo.*
[125] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*

Consciente de que os epiciclos de Hiparco não resolviam as irregularidades de movimento observadas, Ptolomeu criou o famoso ponto chamado equante, colocando o centro geométrico do Universo entre a Terra e o equante; desta forma, o centro do epiciclo viaja com velocidade angular constante em torno do equante, e não em torno do centro geométrico do sistema ou da Terra[126], ou seja, na realidade a Terra não está localizada exatamente ou rigorosamente no centro, apesar de os astros girarem em torno dela.

Ptolomeu iniciou sua obra, de 13 Livros ou Capítulos, apresentando, nos dois primeiros Livros, sua Cosmologia, baseada no sistema geocêntrico de Aristóteles. O Céu é uma vasta esfera que gira em torno de um eixo único para todas as estrelas. O motivo filosófico-matemático a favor da esfericidade é que de todas as figuras diferentes, mas isoperimétricas, as maiores são as que têm o máximo de ângulos, ou, por esse ponto de vista, o círculo é o maior dos planos, a esfera é o maior dos sólidos e o Céu é o maior dos corpos. A Terra também é uma esfera (o Sol, a Lua e os outros astros não se erguem nem se põem ao mesmo tempo para todos os habitantes da Terra), no centro do Céu (pois se não fosse assim, um dos lados do Céu nos apareceria melhor que o outro, e nele as estrelas se mostrariam maiores), imóvel (se tivesse um movimento, este o afastaria do centro). Ainda no início da obra, Ptolomeu desenvolveu a Trigonometria plana e esférica e calculou uma tábua de cordas.

Os quatro Livros seguintes tratam do Sol e da Lua. Quanto ao Sol, Ptolomeu se baseou nos cálculos de Hiparco, "ainda que trezentos anos decorridos entre ambos tenham posto em evidência as pequenas inexatidões dos valores hiparquianos"[127]. Ptolomeu aceitou o valor pouco superestimado por Hiparco do comprimento do ano trópico (365 dias, 5 horas, 55 minutos e 12 segundos, em vez de 365 d, 5 h, 48 m e 46s), o que daria um movimento médio muito lento. Tal erro, acumulado em três séculos, levou a uma separação de 76 minutos de arco, a que se junta outra separação de 22 minutos, devida ao erro de Hiparco. Permanece um enigma não ter Ptolomeu ao menos corrigido o cálculo do ano trópico. Os Livros 4 e 5 se referem à Lua e a seus movimentos, baseando-se, mais uma vez, nos cálculos de Hiparco, mas apresentando incrível imprecisão nas variações da distância entre a Terra e seu satélite. A discordância entre a teoria e a observação foi notada por

[126] GLEISER, Marcelo. *A Dança do Universo.*
[127] VERDET, Jean Pierre. *Uma História da Astronomia.*

Regiomontanus (século XV). No Livro 6, Ptolomeu desenvolveu teoria sobre os eclipses. Os Livros 7 e 8 tratam das estrelas, da precessão e de seu catálogo de 1.025 estrelas, das quais dá as longitudes e latitudes celestes, evitando, assim, os efeitos da precessão dos equinócios sobre uma das coordenadas (latitude). Seu cálculo da precessão, em um século, foi de 1 grau, equivalente a 36" por ano, valor excessivo, hoje fixado em 10".

Os últimos cinco Livros foram dedicados à teoria planetária, sendo os movimentos dos astros explicados através de epiciclos e excêntricos. O epiciclo de Hiparco é modificado com a criação de um ponto, chamado equante, entre a Terra e o centro geométrico do epiciclo; com isto, Ptolomeu explicaria os movimentos dos diversos astros. O *Almagesto* termina com Tábuas Manuais, acompanhadas de explicações para seu emprego na previsão dos eclipses e outras aplicações astronômicas e, inclusive, astrológicas.

Ptolomeu escreveu também *Tetrabiblos*, obra de Astrologia, na qual não via contradição com o *Almagesto*, porque numa estudava as posições dos corpos celestes, e na outra, os efeitos desses corpos na vida dos homens, que, com seus efeitos de previsão, "acalma a alma através do conhecimento de acontecimentos futuros, como se eles estivessem ocorrendo no presente, e nos prepara para receber com calma e equilíbrio inesperado"[128].

A Cosmologia ptolomaica, esquecida parcialmente por cerca de 800 anos, no Ocidente, foi traduzida para o árabe, estudada e preservada pelos árabes e reintroduzida na Europa por volta do ano 900, a partir de quando dominaria a Astronomia ocidental até o aparecimento, em 1543, da obra de Copérnico (*De Revolutionibus Orbium Caelestium*). O *Almagesto* serviria de base para as Tábuas Alfonsinas, e as de Toulouse e de Toledo.

2.1.7.2.1 Geografia - Geodésia

É usual, na História das Ciências, no capítulo referente à Grécia Antiga, o exame da evolução da Geografia seguir imediatamente ao estudo do desenvolvimento da Astronomia, pelas vinculações estreitas entre as pesquisas e observações do Universo e da Terra. Neste campo, como em tantos outros, a civilização grega foi pioneira, com a criação da chamada Geografia matemática.

---

[128] GLEISER, Marcelo. *A Dança do Universo.*

Numa primeira fase, a Geografia seria fundamentalmente descritiva: Anaximandro, filósofo da Escola jônica, preparou um mapa da região habitada da Terra; Hecateu de Mileto (550-476) escreveu sobre a geografia da Ásia e do Egito, viajou bastante pelo Império Persa e preparou um Mapa-múndi; e Heródoto de Halicarnasso (490-425), historiador muito celebrado, viajou extensamente pela ilhas gregas, Ásia Menor, Palestina e Egito, incluindo em suas informações históricas, culturais e antropológicas, muitos dados geográficos.

A Geografia descritiva grega teria, ainda, um autor muito conhecido e citado: Estrabão (63-19) que escreveu um *Tratado de Geografia*, em 17 volumes, mas que deu crédito total às informações de Homero, em detrimento dos dados mais precisos de Heródoto. Sua obra é a única Geografia da Antiguidade que sobreviveu até o dia de hoje. Considerado um pioneiro no estudo das rochas petrificadas e das conchas fossilizadas, ao cabo de longos estudos teria chegado à conclusão de que muitas regiões, hoje terra firme, já estiveram cobertas pelas águas do oceano, e que estas poderiam elevar-se ou baixar em relação ao nível do mar: "todos admitirão que em muitas épocas uma grande porção do continente foi coberta e de novo posta a nu pelo mar"[129]. Estrabão aventou, ainda, a hipótese de as erupções vulcânicas agirem como válvulas de segurança para a Terra, dando vazão aos vapores subterrâneos comprimidos, e defendeu ser a superfície terrestre sujeita a constantes transformações. Mesmo na Grécia Antiga, apesar desse enfoque científico, não houve, contudo, uma pesquisa sistemática no campo geológico, sendo as explicações fragmentárias, desconexas e especulativas.

Já no século III, era aceita, pela comunidade intelectual grega, particularmente a dos astrônomos, a esfericidade da Terra (Pitágoras, Filolau), sem, contudo, ser conhecida sua dimensão. Eudoxo e Aristóteles haviam indicado 63 mil km para sua circunferência[130], Dicearco de Messina (355-285), primeiro a traçar a linha da latitude, de Leste a Oeste, cujos pontos da linha representavam o Sol ao meio-dia, calculou a circunferência terrestre em 53 mil km.

A Geografia matemática teve três ilustres representantes: Eratóstenes, Hiparco e Ptolomeu. Diretor da famosa Biblioteca de Alexandria, Eratóstenes de Cirene (275-195) é considerado um dos mais cultos intelectuais da

129 TRATTNER, Ernest. *Arquitetos de Ideias.*
130 ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de la Science.*

Antiguidade Clássica, dedicando-se à História, Poesia, Gramática, Matemática, Astronomia e Geografia. De suas obras, restaram alguns fragmentos. Sua mais famosa realização foi a medição da circunferência da Terra, escolhendo para tal o arco do meridiano situado entre as cidades de Alexandria e de Siena (Assuã), cuja distância é de 800 km. O raciocínio foi: a circunferência terrestre é divisível em 360 graus. Conhecida a extensão de um grau em estádios, bastaria multiplicá-la por 360 para conhecer o comprimento da circunferência. A distância entre as duas cidades já era conhecida: 5 mil estádios. Enquanto que em Siena, no solstício de verão, ao meio-dia, o Sol não projetava sombra, em Alexandria, ao Norte, lançava uma sombra que correspondia a um ângulo entre o gnomo e os raios solares de 1/50 de quatro ângulos retos, o que dava para a circunferência da Terra 250 mil estádios egípcios, depois alterada, por alguma razão, para 252 mil estádios ou 37 mil km (39.941 km é a circunferência polar da Terra). Interessado em preparar uma carta do Globo, elaborou Eratóstenes, igualmente, um mapa do Mundo das Ilhas Britânicas até o Ceilão (Sri Lanka) e do mar Cáspio até a Etiópia, baseando-se em cálculos de latitudes e longitudes. Escreveu, a este propósito, *A Medição da Terra*, onde trata da distância do trópico e dos círculos polares. Em sua *Geografia* (a primeira obra escrita com este título), em três livros, apresentou o conhecimento geográfico até sua época. Referência especial deve ser feita ao pioneirismo de Eratóstenes, de atribuir à Lua a ocorrência de marés. Seu trabalho só seria superado muito mais tarde por Hiparco.

A Geografia matemática alcançou novo patamar com Hiparco, defensor intransigente da observação astronômica para a determinação geográfica de um lugar na superfície terrestre. Nesse sentido, criticou o trabalho cartográfico de Eratóstenes, aludindo à utilização de métodos não rigorosamente científicos, como aceitação de relatos de viajantes e de militares sobre as distâncias e as direções. Sua preocupação pela exatidão e pelo rigorismo metodológico na determinação das coordenadas geográficas coloca Hiparco como pioneiro na Cartografia matemática, inclusive por seu novo sistema de projeção da latitude e da longitude. Para os gregos, cujos mapas eram circulares, com a cidade de Delfos no centro, o Mundo era dividido em três regiões independentes: a Europa (a maior), a Ásia Ocidental e o Norte da África; os limites eram, ao Norte, o Círculo Polar Ártico, e ao Sul, o Equador.

De importância na Geografia matemática, segue-se Cláudio Ptolomeu, que escreveu um tratado de *Geografia*, em oito livros: o primeiro e o último

contêm um resumo de Cartografia; os outros seis livros são descritivos, sendo o segundo e o terceiro sobre a Europa, o quarto sobre a Líbia, o quinto sobre a Ásia Ocidental (Ásia Menor e região sírio-árabe), a região do Cáucaso e a bacia do Volga, o sexto sobre a Ásia Oriental e o sétimo trata de outras regiões da Ásia, como a Índia. A obra de Ptolomeu era uma tentativa de mapear o Mundo conhecido, e a maior parte do texto consiste em uma lista de lugares, com suas latitudes e longitudes, tendo adotado a projeção cônica. Os livros continham muitos mapas, e representaram uma compilação monumental, muito mais ampla que qualquer outra feita antes dela. Apesar do evidente progresso na Cartografia, com Ptolomeu, utilizou-se ele também de relatos e observações de viajantes, o que pode explicar algumas deformações e erros na *Geografia.* A obra geográfica de Ptolomeu teria grande repercussão e influência por séculos.

O geógrafo Possidônio (135-50), a exemplo de Eratóstenes, atribuía à Lua as marés nos oceanos. Seu cálculo errôneo da circunferência da Terra (28.962 km), mas aceito por Ptolomeu, levaria à convicção de um Globo de dimensões bem menores que as reais, fato que deve ter contribuído para Colombo imaginar haver chegado à Índia e não ao Caribe.

A exemplo da Astronomia, a Geografia matemática se esgotou na civilização grega com a obra de Ptolomeu; nos séculos seguintes, os relatos de viagem, os guias de itinerário, os resumos e as compilações se sucederam, mas sem avanço científico.

2.1.7.3 Física

A Física, na tradição aristotélica, passou a estudar a matéria em geral, através da interpretação conceitual dos fenômenos, baseando-se no raciocínio lógico, no bom senso e nos sentidos, sem submissão de suas teorias à verificação experimental sistemática. Dependente da simples observação da Natureza, sem a quantificação matemática, esse chamado método qualitativo prevaleceria até Galileu, no final do século XVI.

Algumas disciplinas estiveram, contudo, vinculadas à Matemática, e, até certo ponto, se constituíam em verdadeiros apêndices ou parte dessa Ciência, por serem objetos da sua aplicação. Era o caso da Acústica, da Óptica geométrica e da Mecânica (Estática e Hidrostática).

Por essa razão, muitos autores de História da Ciência, quando estudam o período correspondente à civilização grega, colocam imediatamente após

a Matemática o exame dessas mencionadas disciplinas (como Matemática aplicada), hoje partes integrantes da Física.

2.1.7.3.1 Física Aristotélica

A compreensão da Física aristotélica depende do entendimento de sua concepção da matéria, de sua Cosmologia e de sua teoria do movimento.

Quanto à matéria, ao contrário de Leucipo e Demócrito, que sustentavam a existência de átomos e admitiam o vácuo, Aristóteles defenderia, como Parmênides, a impossibilidade do vácuo, uma vez que argumentava ser a matéria que cria o espaço, o qual, por conseguinte, não poderia conter um vazio. Para Aristóteles, os quatro elementos (terra, água, ar e fogo) de Empédocles seriam os constituintes da matéria, os quais possuíam qualidades ou propriedades primárias e secundárias específicas: a terra (seca e fria), a água (fria e úmida), o ar (úmido e quente) e o fogo (quente e seco).

O Universo físico era dividido em duas regiões qualitativamente distintas e regidas por princípios e leis diferentes: a sublunar, constituída pelos quatro elementos de Empédocles e caracterizada por movimentos retilíneos e descontínuos, e a supralunar, constituída por um quinto elemento, o éter (eterno e sem mancha), e caracterizada pelo movimento circular uniforme e natural dos corpos celestes, pela imutabilidade e integridade. Os quatro elementos, que são contínuos, deveriam dispor-se de acordo com suas densidades e qualidades, em esferas ou camadas concêntricas, ocupando a terra a mais baixa, seguida da água, do ar e do fogo, cuja camada estaria em contacto com a esfera celeste, formada pelo éter. Esses elementos são contínuos e cada um deles possuía um lugar natural; assim, os dois elementos pesados (terra e água) tenderiam a se dirigir ao centro do Universo, que coincidiria com o da Terra. Mais pesado que a água, o elemento terra se acumularia em torno desse centro, dando origem ao Globo terrestre, ao passo que o elemento água, repelido pela terra, se espalharia pela superfície da Terra, formando rios e oceanos[131]. O lugar natural do elemento ar era em torno da Terra, cobrindo-a toda, enquanto o do elemento fogo era a esfera acima do ar.

A impossibilidade dessa disposição perfeita dos elementos decorreria do eterno movimento circular e uniforme acionado pela força motriz e transmitido pela última esfera. As quatro esferas dos quatro elementos do

[131] BEN-DOV, Yoav. *Convite à Física.*

Mundo sublunar teriam, assim, seus movimentos naturais alterados e perturbados, ocasionando na esfera térrea a mistura e o deslocamento de todos os seus componentes. Ainda na Física de Aristóteles, o infinitamente grande era excluído, pois o Universo era finito, mas o infinitamente pequeno era admitido.

Sistema completo e coerente, a *Física* de Aristóteles, com base nessa concepção dos componentes fundamentais – os elementos – da matéria, e no lugar natural desses elementos, considerava que as transformações da matéria seriam mudanças de movimentos, que podiam ser de substância, de quantidade, de qualidade e de posição ou local. Tais mudanças ocorreriam, evidentemente, no Mundo sublunar, porquanto os movimentos dos objetos na Terra seriam intrinsecamente diferentes do movimento (circular, perfeito) dos corpos celestes no Mundo supralunar, devido a que as leis que se aplicariam ao mundo sublunar não seriam válidas para o resto do Universo. As substâncias, por exemplo, se transformavam por combinações ou decomposições (geração e corrupção); as soluções e as misturas dos líquidos eram outras modalidades de geração e corrupção. A mudança qualitativa (de grandeza) se daria por dilatação ou contração.

O movimento de lugar (translação), como toda a mudança, não poderia ocorrer sem causa, sem a ação de uma força (cessada a causa, cessa o efeito). Uma força era necessária para gerar um movimento forçado, sendo a velocidade imposta proporcional a essa força e inversamente proporcional à resistência do meio. Como a resistência no vácuo seria zero, o que significaria a possibilidade de uma velocidade infinita, Aristóteles usou essa proporcionalidade para argumentar contra a existência do vácuo. Os movimentos dos corpos seriam de duas espécies: o natural, que corresponderia ao movimento do elemento para alcançar seu lugar natural: um corpo pesado caía ao chão em busca de seu lugar, e caía tanto mais rapidamente quanto maior seu peso. O movimento para cima de um corpo pesado não seria natural. A fumaça, por sua leveza, subia também em busca de seu lugar natural ao alto. A segunda espécie de movimento seria o violento ou forçado, causado por forças externas e que interferia, de forma contínua, no movimento natural, quando, por exemplo, se levanta um peso ou se lança uma flecha. Em outras palavras, um movimento contínuo requereria uma causa contínua, isto é, enquanto um corpo estiver em movimento constante deve uma força estar atuando sobre ele.

A noção de movimento, ou a Física de Aristóteles, predominaria até a Mecânica de Galileu e Newton, para quem um corpo podia ser animado de um movimento retilíneo uniforme na ausência de uma força externa. Para Aristóteles o "movimento" seria uma mudança de lugar, para o qual uma causa seria indispensável[132].

2.1.7.3.2 Acústica

A Música foi a principal determinante das pesquisas gregas sobre o som, o que explica os estudos sobre audição e fonação, e sobre alguns órgãos (ouvido e cordas vocais). O interesse maior estava na melhoria e na emissão do som do que no exame de suas propriedades. Os principais estudos, observações e experiências sobre o som, de forma científica, com a utilização da Matemática, se devem a Pitágoras e sua Escola, Aristóteles, Aristoxenes, Euclides e Ptolomeu. O progresso alcançado foi bastante reduzido, pela insuficiência de conhecimento, ou mesmo desconhecimento, de matérias afins. De qualquer forma, o conhecimento era suficiente para permitir a construção de anfiteatros, em uso até hoje, com excelente acústica.

A teoria pitagórica de que tudo são números se baseia, em parte, na relação numérica simples descoberta, com a ajuda do monocórdio, entre as notas da escala musical e os comprimentos de uma corda vibrante. A redução de uma corda de 12 unidades (cm) de comprimento a 8 unidades fará com que ela soe uma quinta acima da nota original, e se reduzida a 6 unidades (metade), ela soará a oitava acima da nota original. A construção da escala musical, pela aplicação da Matemática, corresponde ao início do estudo científico do que viria a ser chamado de Acústica.

Para Aristóteles, todos os sons, agudos e graves, se propagam na mesma velocidade em vibrações, cujas frequências seriam empurradas pelo ar, deslocando-se pelo movimento do ar. Os sons seriam mais nítidos à noite e tenderiam para baixo. Aristoxenes de Tarento (360-300), discípulo do pitagórico Xenófilo e de Aristóteles, era, também, músico, tendo escrito *As Harmonias*, onde criticou a relação de números e da velocidade relativa, da qual resultariam o agudo e o grave. Euclides, em sua obra *Das Divisões* defendeu que o som era emitido se houvesse movimento, a altura do som aumentaria com o número de movimentos emitidos em um momento; o som

[132] BEN-DOV*, Yoav. Convite à Física.*

seria composto de duas partes distintas, e admitiu que o número de vibrações de uma corda é inversamente proporcional ao comprimento da corda vibrante. Ptolomeu, em *As Harmonias*, obra em 3 livros, expôs, criticou e desenvolveu as diversas teorias musicais, com um enfoque pitagórico e platônico. Nicômaco de Gerasa (60-120) escreveu uma obra de pouca expressão científica *Manual de Harmonia*, muito lida e comentada em sua época.

2.1.7.3.3 Óptica

A Óptica, como Ciência da luz, surgiu no século II, com o *Tratado da Óptica*, atribuído a Euclides[133]. Antes, porém, a luz atraía a atenção e a curiosidade dos gregos, que procuraram dar uma explicação racional e lógica a esse fenômeno. As primeiras teorias, contudo, eram bastante especulativas, já que o entendimento da natureza e de outros aspectos (velocidade, espectro, cor) da luz só teria um significativo avanço teórico e experimental nos séculos XIX e XX. Vários filósofos (Heráclito, Empédocles, Demócrito, Platão, Aristóteles, Epicuro) e cientistas (Euclides, Arquimedes, Herão, Ptolomeu, Teon de Alexandria) se dedicaram ao assunto, que remonta a Homero (*Ilíada* e *Odiss*eia).

A concepção homérica, especulativa e mitológica, influenciaria a evolução futura do conceito grego da luz, vinculando-a à visão. Para Homero, "os olhos dos seres vivos lançam raios de fogo sutil e a visão ocorre pelo encontro desse jato de fogo interior com a luz exterior", e "tudo que tem raio de luz no Universo é dotado da faculdade de ver, principalmente o Sol"[134]. Essa representação popular e literária da visão seria adotada pelos filósofos até Aristóteles, que daria um enfoque distinto.

Para Heráclito, Empédocles e Platão, a luz era um fogo de uma espécie particularmente sutil, mas enquanto que para os dois primeiros filósofos a matéria ígnea do fogo era contínua, Platão (em *Timeu*), seguindo os atomistas (Demócrito, e, depois, Epicuro), defendia uma estrutura granular; para Empédocles, a luz era constituída por eflúvios projetados pelas fontes incandescentes e pelos olhos, enquanto que para Demócrito e Platão a luz consistia de um jato sucessivo, rápido de partículas (cheias, para Demócrito, e vazias interiormente, para Platão). Para Platão e Empédocles, a luz se

---

[133] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[134] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

propagava a uma velocidade finita. Foi, ainda, Demócrito, o primeiro que tentou explicar a cor, a qual seria devida à posição dos átomos constitutivos: o branco seria causado pelos átomos macios e chatos (não causando sombra), e o preto por átomos diferenciados e ásperos.

Aristóteles (*Da Alma*, *Da Sensação*, *Meteorológicas*) contrapôs à teoria corpuscular sua teoria dinâmica, pela qual a luz era uma modificação puramente qualitativa do meio. Os raios visuais seriam emitidos, não pelos corpos, mas pelos olhos, dos quais partem, em linha reta, até tocarem os objetos a serem vistos. Esses raios teriam velocidade infinita, propagando-se instantaneamente. As cores derivariam do branco e do preto.

Além dessas considerações especulativas sobre a natureza da luz, a Óptica geométrica se desenvolveria a partir dos estudos da era alexandrina, principalmente devido a Euclides e Ptolomeu. Segundo o matemático e astrônomo Geminus (século I, contemporâneo de Possidônio), o estudo dos raios luminosos abrangia quatro capítulos[135]: Óptica, ou estudo da visão, Catóptrica, ou estudo da reflexão e dos espelhos, Dióptrica, ou estudo dos ângulos do desvio dos raios luminosos ao passarem de um meio físico para outro (refração) e a Cenografia ou Perspectiva.

O *Tratado de Óptica*, atribuído a Euclides, teria sido copiado e acrescido de algumas partes por Teon de Alexandria, matemático e professor na Biblioteca de Alexandria, além de pai da famosa matemática e filósofa neoplatônica Hipácia. Euclides afirmara a igualdade dos ângulos de incidência e de reflexão, bem como a perpendicularidade do plano desses dois raios em relação à superfície refletora, no ponto de incidência. A luz se propagaria em linha reta, a grande velocidade. Herão resumiria essas duas leis de Euclides, de Catóptrica, estabelecendo que o raio luminoso, ao se refletir, percorre sempre o caminho mais curto. Arquimedes é considerado, também, autor de uma Catóptrica e de uma teoria sobre os espelhos.

A Óptica de Ptolomeu nos é conhecida pela tradução latina de Eugênio, Emir da Sicília, no século XII, a partir de um manuscrito árabe mutilado. Essa obra gozou de muito prestígio no início do Renascimento científico. Pioneiro na Dióptrica ou refração, tendo assinalado a existência da refração atmosférica (da maior importância para as observações astronômicas), Ptolomeu enunciou as seguintes leis[136]: i) o raio visual incidente e o refratado estão no mesmo

---

[135] HORTA BARBOSA. Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
[136] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

plano; ii) os dois ângulos de incidência e de refração são desiguais; e iii) a imagem se produz no ponto de interseção desta reta com aquela que, do objeto, é traçada perpendicularmente à superfície que separa os dois meios. Tanto para a Catóptrica, quanto para a Dióptrica, Ptolomeu indicou[137] as experiências de controle e a aparelhagem simples utilizada. Publicou, ainda, três tabelas (medição e tabulação de ângulos) de refração, em que esses ângulos de incidência cresciam de 10 em 10 graus, não chegando, porém, a descobrir a lei que rege este fenômeno (lei que viria a ser descoberta por Descartes). Para Ptolomeu, a cor era uma propriedade inerente aos corpos.

Para o resto do Período Helenístico, não houve nenhum significativo progresso no estudo da Óptica.

2.1.7.3.4 Mecânica

A Mecânica estuda o efeito da força sobre os corpos, sendo a Estática o estudo das forças que agem sobre os sólidos (ou o equilíbrio dos corpos) em repouso, e a Hidrostática sobre os fluidos em repouso e os corpos imersos no fluido (ou o equilíbrio dos fluidos). A Dinâmica é a parte da Mecânica referente ao estudo das forças sobre corpos em movimento.

Na evolução da Mecânica grega é importante assinalar, de início, que a Estática e a Hidrostática se desenvolveram mais que a Dinâmica, em vista da menor complexidade de seus fenômenos. Assim, ao êxito alcançado pela Estática e Hidrostática não corresponderia equivalente progresso na Dinâmica, cujo estudo ficou praticamente circunscrito a Aristóteles.

Os dois maiores expoentes da Filosofia e da Ciência se dedicaram à Mecânica: o mais erudito e maior filósofo grego, o estagirita Aristóteles e o considerado maior cientista da Antiguidade, o siracusano Arquimedes.

No campo da Estática, a Aristóteles é atribuída a obra *Problemas da Mecânica*, onde se encontram o esboço da Lei do paralelogramo das translações, algumas ideias sobre a força centrífuga e observações sobre o equilíbrio das alavancas, nas quais insinua o princípio dos deslocamentos virtuais; o livro é, na realidade, um manual de Mecânica prática destinado ao estudo de máquinas simples[138]. Observa Aristóteles que, oscilando a alavanca em torno de seu ponto fixo, as extremidades de seus braços descreverão

---

[137] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[138] DUGAS, René. *A History of Mechanics.*

arcos de círculo maiores ou menores conforme a relação que houver entre os comprimentos dos aludidos braços, o que exigirá, para o equilíbrio, estejam os pesos suspensos nessas extremidades em relação inversa, de modo tal que o menor peso descreverá o maior arco e o maior peso o menor arco[139]. Estratão de Lâmpsaco (340-270), discípulo de Aristóteles e diretor do Liceu após a morte de Teofrasto, foi um físico de renome, que desenvolveu as ideias de seu Mestre Aristóteles no campo da Estática, tendo compreendido o princípio da alavanca, sem formular, contudo, as bases teóricas dessa Ciência.

Com Arquimedes a Estática, utilizando-se de quantificações e medições matemáticas, ingressou definitivamente na era científica, sendo, a justo título, considerado o fundador dessa disciplina; para Dugas, Arquimedes fez da Estática uma Ciência teórica independente, baseada em postulados de origem experimental, com apoio posterior de rigorosa demonstração matemática. Através de numerosos e sistemáticos estudos comprovaria suas teorias e seus princípios, dotando, assim, a nova Ciência do necessário arcabouço teórico para seu desenvolvimento. Em sua obra *Sobre o Equilíbrio dos Planos ou sobre os Centros de Gravidade dos Planos*, Arquimedes elaborou seu princípio da alavanca, ao demonstrar que um pequeno peso situado a certa distância do ponto de apoio da alavanca pode contrabalançar um peso maior situado mais perto do centro, sendo, assim, peso e distância inversamente proporcionais; em outras palavras, dois pesos ficam em equilíbrio se estiverem entre si em razão inversa de suas distâncias ao ponto de apoio. O ilustre siracusano trabalhou com as seguintes hipóteses: i) dois pesos iguais aplicados a distâncias iguais do ponto de apoio ficarão em equilíbrio e ii) dois pesos iguais aplicados a distâncias desiguais do ponto de equilíbrio não se equilibram, e o peso mais afastado descerá.

No campo da Hidrostática, Arquimedes é, igualmente, o pioneiro com o princípio da flutuação, pelo qual a força que suspende um corpo imerso em um fluido (líquido ou gasoso) equivale ao peso do fluido deslocado. Escreveu a respeito o tratado *Sobre os Corpos Flutuantes* em dois Livros. Conta a lenda ter Arquimedes atinado com esse princípio ao perceber, à medida que seu corpo afundava na banheira, que a água escorria por cima de sua borda. Descobrira, assim, que todo corpo imerso num líquido desloca um volume desse líquido igual ao seu próprio, e que por isso o seu peso, enquanto imerso,

---

[139] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

fica desfalcado de uma parcela igual ao peso do líquido deslocado, pelo que flutuará. Em outras palavras, um corpo colocado num fluido desloca parte desse fluido, fazendo-o exercer uma força de suspensão chamada empuxo sobre o corpo. O peso do fluido deslocado por um corpo flutuante é igual ao peso do corpo[140].

A Dinâmica de Aristóteles, que consta do *Tratado do Céu* e da *Física*[141], dominaria, absoluta, a ciência física até sua rejeição, a partir da questão da mobilidade da Terra (Copérnico) e do movimento dos astros (Kepler) e das leis da Dinâmica de Galileu e de Newton[142]. Na realidade, a Dinâmica moderna foi fundada por Galileu ao refutar as teorias e proposições aristotélicas a respeito do movimento. Para Aristóteles, o repouso e o movimento são dois fenômenos físicos totalmente distintos, aplicando-se a inércia apenas no caso de um corpo em repouso. O movimento corresponde a uma mudança de lugar, que, para ocorrer, haveria necessidade de uma causa. Galileu e Newton, ao estenderem a inércia igualmente ao movimento estabeleceriam a diferenciação definitiva entre as duas físicas. Aristóteles, para explicar a descida dos corpos pesados e a ascensão dos leves, dizia que cada corpo procura seu lugar natural, sendo o dos corpos pesados em baixo e o dos corpos leves em cima. Os movimentos, por sua vez, podiam ser naturais ou violentos, quando acionados por uma força externa. A distância conceitual, com base na experimentação, entre a Física de Aristóteles e a de Galileu mostra não ter sido possível aos gregos, tão imaginativos e racionais, ao criarem, com o gênio de Aristóteles, um sistema completo, desenvolver uma Dinâmica na qual fosse contemplada a complexidade de espaço, de tempo e de massa dos fenômenos.

Além de se ter consagrado como um dos três maiores matemáticos da Grécia e o maior cientista da Antiguidade, Arquimedes era um homem eclético, com uma mente prática e grande engenhosidade, como demonstra sua invenção do parafuso sem fim, método eficiente de se extrair água: roda-se um tubo em forma de hélice, com uma extremidade na água; a água sobe no tubo enquanto ele roda. Consta também que Arquimedes, patriota e amigo de Hierão II, governante de Siracusa, colaborou na defesa de sua cidade contra a invasão dos romanos, comandados por Marcelo. A construção de alavancas,

---

140 ARDLEY, Neil. *Dicionário Temático de Ciências.*
141 DUGAS, René. *A History of Mechanics.*
142 BEN-DOV, Yoav. *Convite à Física.*

catapultas e de diversas armas teria ajudado a resistência siracusana em sua luta. É desse episódio histórico a lenda, hoje contestada, da utilização, por Arquimedes, de imensos espelhos que teriam ateado fogo nas embarcações invasoras.

Essa mentalidade mecanicista e experimental tornou conhecido, igualmente, Ctesíbio, que viveu pouco após Arquimedes, mas de cuja biografia constam poucas informações pessoais. Engenheiro e inventor, Ctesíbio é considerado como o iniciador da tradição de Engenharia de Alexandria, que atingiria seu ponto máximo com Herão. Sua fama decorre de suas invenções[143]: i) espelho ajustável, em qualquer posição, com um contrapeso de chumbo, movido por uma corda para que o mesmo pudesse ser abaixado e levantado dentro de um tubo, expelindo ar; ii) bomba de ar com válvulas, ligada a uma série de tubos de órgão, operados por um teclado. Essas duas invenções são testemunhos de suas investigações sobre o princípio pneumático aí envolvido, muito usado hoje em dia em mecanismos como a mola para fechar portas; iii) clepsidras dotadas de um fluxo constante de água que operava toda sorte de alavancas e peças automáticas, de sinos e bonecos movediços a pássaros canoros, precursores do relógio cuco; iv) bomba hidráulica; v) catapultas (para fins bélicos) operadas por molas de bronze e por ar comprimido. Seus inventos são conhecidos pelas referências de Vitrúvio, Filon de Bizâncio e Herão.

A engenharia e o espírito inventivo da Escola de Mecânica de Alexandria tiveram em Herão (20 ?-80 ?) seu ponto mais alto, tanto mais que utilizou, implicitamente, a noção de momento, como explica Dugas[144]. Sua invenção que o fez célebre consiste em uma esfera oca, na qual estão presos dois tubos recurvados; fervendo a água contida na esfera, o vapor escapa pelos tubos e a esfera gira rapidamente. Esta invenção significa, na realidade, a transformação da energia do vapor em movimento, o que corresponde a uma máquina a vapor. Esse dispositivo é o utilizado, atualmente, como regador giratório de gramado. Escreveu *Pneumática*, onde descreveu os princípios de funcionamento de sua máquina a vapor. Descoberto, assim, o princípio da força do vapor da água, sua utilização foi muito restrita, limitando-se a brinquedos e a movimentar portas. Era mais econômico o uso da força de trabalho escravo do que a energia natural disponível no Mundo. Inventou o odômetro. Escreveu sobre Óptica

---

[143] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[144] DUGAS, René. *A History of Mechanics.*

(Catóptrica) e os espelhos. Sua obra mais famosa é *As Métricas*, tratado em três volumes, de Geodésia, Ciência que tem por objeto a descrição geométrica da Terra. O primeiro volume trata da medida das superfícies, planas e redondas, o segundo da medição dos volumes e o terceiro da divisão de áreas e de volumes. Escreveu, ainda, Herão, *As Mecânicas*, em três volumes, mas cujo texto original em grego foi quase completamente perdido, com exceção de alguns fragmentos, sendo a obra conhecida em sua versão em árabe. Além de tratar de Geometria, Mecânica e Cinemática, o trabalho de Herão se refere também a máquinas simples, como a alavanca, o guindaste, a roldana, o plano inclinado, o parafuso e a roda.

O geômetra Pappus de Alexandria, no livro VIII de sua *Coleção Matemática* examinou o problema do movimento e do equilíbrio de um corpo pesado no plano inclinado, seguindo a Dinâmica de Aristóteles, desconhecendo, portanto, os avanços verificados na Mecânica de Arquimedes[145]

2.1.7.4 Química

A Química, como Ciência, não existiu na Grécia Antiga[146], devendo ser notado, contudo, já serem conhecidos (desde épocas anteriores), mas não identificados como tais, treze elementos: antimônio (Sb), arsênico (As), bismuto (Bi), carbono (C), chumbo (Pb), cobre (Cu), enxofre (S), estanho (Sn), ferro (Fe), mercúrio (Hg), ouro (Au), prata (Ag) e zinco (Zn), bem como algumas ligas (bronze-cobre e estanho, e latão-cobre e zinco).

Os filósofos gregos, em suas especulações, estabeleceram teorias para explicar a constituição do Universo. Um conjunto de teorias se referia a elementos, entendidos como qualidade ou propriedade geral da matéria, e não a própria substância. Para alguns (Tales, Anaximandro, Anaxímenes, Heráclito), tudo derivaria de um só elemento (água, ar, fogo ou terra), conhecidos, em consequência, como monistas; para Empédocles, a origem de tudo estava nos quatro elementos e nas duas forças (atração e repulsão); Platão associaria os quatro elementos a formas geométricas.

Aristóteles refinou a teoria de Empédocles, adicionando o éter como um quinto elemento (presente no Mundo supralunar, e que não se confunde com

---

[145] DUGAS, René. *A History of Mechanics.*
[146] LEICESTER, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*

o ar), e as quatro propriedades de quente e frio, de seco e úmido (o fogo é quente e seco, o ar é quente e úmido, a água é fria e úmida e a terra é fria e seca), distinguindo, ainda, os três estados de sólido, líquido e vapor. Esses elementos são contínuos, e cada um deles possuía um lugar natural; assim, os dois elementos pesados (terra e água) tenderiam a se dirigir ao centro do Universo, que coincidiria com o da Terra. Mais pesado que a água, o elemento terra se acumularia em torno desse, dando origem ao globo terrestre, ao passo que o elemento água, repelido pela terra, se espalharia pela superfície da Terra, formando rios e oceanos[147]. O lugar natural do elemento ar era em torno da Terra, cobrindo-a toda, enquanto o do elemento fogo era numa esfera acima do ar.

A outra teoria era a atômica, de Leucipo, expandida e sistematizada por Demócrito e divulgada por Epicuro, pela qual a matéria seria descontínua e formada por elementos extremamente pequenos e indivisíveis (átomos); a coesão do sólido seria devida ao entrelaçamento dos átomos. Tais teorias devem ser consideradas filosóficas, e não científicas, pela falta de comprovação experimental. A teoria atômica, por seu caráter materialista, não obteria apoio nos meios científicos e culturais, e não teria tido muitos adeptos, sendo logo esquecida e abandonada.

As teorias dos elementos (especialmente a de Empédocles, com a alteração de Aristóteles) prevaleceriam ao longo dos séculos, vindo a servir, por interpretação errônea, de base teórica para a Alquimia, cuja crença na transmutação dos metais e na pesquisa pelo "elixir da longa vida" requeria ainda a ajuda da pedra filosofal.

Se não foram os gregos capazes de introduzir o espírito científico no domínio da Química, não significa não ter havido progresso na chamada Química prática ou domiciliar. A técnica e a prática da transformação da matéria já eram conhecidas na Pré-história, conforme atestam vestígios arqueológicos. Outras civilizações, como as da Mesopotâmia, Egito, Índia, China e Pérsia, desenvolveram, separada e independentemente, técnicas de alta sofisticação química de uso diário pela Sociedade. A utilização do fogo (como fonte de calor, de energia e de luz) e a metalurgia (transformação do minério – cobre, bronze, ferro, latão, prata, ouro – em metal) são exemplos dessa Química técnica. A tintura (vegetal, animal e mineral), os perfumes e a fermentação da cerveja eram atividades técnicas e práticas bem conhecidas e divulgadas. Tais

[147] BEN-DOV Yoav. *Convite à Física.*

conhecimentos empíricos, úteis para os requerimentos da Sociedade, não tinham, contudo, qualquer base teórica. Taton explica este ponto[148]: "mas o estudo dessas técnicas e de seus aperfeiçoamentos só interessaria à História das Ciências se os autores que delas trataram tivessem mostrado preocupações de caráter científico; ora, jamais esboçaram o menor esforço para explicar os fatos relatados, para refletir sobre os processos de composição ou de decomposição dos corpos; o fenômeno químico não é isolado nem estudado como tal...". A nomenclatura imprecisa é um reflexo da inexistência de espírito científico em relação à observação dos processos químicos.

Em 1885, na cidade holandesa de Leiden, foi traduzido para o latim um papiro específico sobre assunto químico, escrito em grego; o químico francês Marcelin Berthelot traduziria o importante documento para o francês e o analisaria em seu conhecido estudo sobre as origens da Química. Outro papiro seria encontrado, em 1913, em Estocolmo, escrito, provavelmente, pelo mesmo autor do Papiro de Leiden[149]. Ambos os documentos datam do século III de nossa era. O papiro de Leiden é quase inteiramente dedicado ao trabalho em metais, com informações, por exemplo, sobre como produzir imitações de prata e ouro e sobre alguns reagentes químicos. O papiro de Estocolmo contém, principalmente, receitas para tingir e fixar cor e para preparar gemas de imitação. Documentos de natureza prática, com receitas e informações sobre método de trabalho, seu autor, provavelmente um artesão, não tratou de teorias e conceitos, nem sugeriu práticas místicas.

Finalmente, convém notar que o Livro IV da *Meteorologia*, de Aristóteles, contém um verdadeiro programa de pesquisa da natureza de várias substâncias, com a finalidade de classificá-las de acordo com sua capacidade ou incapacidade de sofrer ação: "... Comecemos por enumerar as qualidades que expressam a aptidão ou inaptidão de uma coisa para ser afetada de certa maneira. São as seguintes: ser capaz ou incapaz de se solidificar, de se dissolver, de ser abrandada pelo calor ou pela água, de se curvar, de se quebrar, de ser reduzida a partículas, de ser impressa, moldada, apertada, de ser maleável, cortada, viscosa ou friável, passível de compressão ou não, combustível ou incombustível, apta ou não para desprender fumaça". Farrington, citado por Mario Curtis Giordani – em *História da Grécia*, considera esse programa de experiências como digno de Francis Bacon.

---

[148] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

[149] Leicester, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*

2.1.7.5 História Natural

História Natural (ou Ciências naturais) era a denominação até recentemente usual para as observações e estudos sistemáticos e metódicos da Natureza, através dos reinos animal, vegetal e mineral. Ainda que se tenha beneficiado de observações anteriores, especialmente dos filósofos fisiocratas jônicos, Aristóteles é o verdadeiro fundador das Ciências biológicas, singularmente da Zoologia. Os vários autores divergem sobre o título a ser outorgado (fundador da Sistemática zoológica e da Anatomia comparada, ou o pai da Biologia, ou o pioneiro da História Natural, ou o fundador do ensino das Ciências naturais), mas concordam com ter sido o grande Estagirita o precursor da Biologia como Ciência. Charles Singer, citado por Horta Barbosa[150], escreveu que "considerado do ponto de vista da Ciência moderna, Aristóteles é, antes de mais nada, um naturalista. Suas observações de primeira mão tiveram por objeto os seres vivos e as investigações que fez sobre eles lhe dão o direito de ser considerado como um homem de Ciência no sentido moderno da expressão". René Taton, em sua obra já mencionada, ao lado dos nomes de Pitágoras e Hipócrates, cita o de Aristóteles como um símbolo de uma das três maiores criações da Ciência helênica: as Matemáticas demonstrativas, a Medicina e a Biologia. Sobre a importância de Aristóteles para a Biologia e para a Ciência de um modo geral, Taton é, mais uma vez, contundente, na mesma linha de Ernst Mayr: impunha-se a necessidade de reagir contra certas tendências do platonismo e da Academia, não sendo surpreendente que Aristóteles tenha tomado a liderança de um movimento libertador, pois o estudo das Ciências naturais estava de acordo com sua Filosofia geral e prolongava a Física sobre a observação do real. Além do mais, a História Natural, como ele a concebia, permitia uma aplicação exemplar de sua Lógica. Não são conhecidas obras de Aristóteles nas áreas da Botânica e da Mineralogia, mas se sabe que ele orientou os trabalhos de seus discípulos do Liceu, como Teofrasto, nesses outros dois campos da História Natural.

Neste capítulo, serão abordados os avanços pioneiros nas pesquisas da Biologia, nos campos da Zoologia e da Botânica, bem como da evolução do conhecimento na Anatomia e na Fisiologia do corpo humano, com especial referência a Herófilo, Erasístrato e Galeno. A imensa contribuição de

---

[150] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

Hipócrates à História da Ciência, ao iniciar a Medicina científica, é, igualmente, objeto de exame.

2.1.7.5.1 Biologia

A Biologia é a Ciência que estuda a vida, o que está vivo e o que já esteve vivo, situando-se, assim, dentre as chamadas Ciências da vida. Apesar dos progressos realizados na Grécia, especialmente pelos trabalhos pioneiros de Hipócrates e Aristóteles, no campo da sistematização, metodologia e classificação, a Ciência biológica, por sua extensão, complexidade e vínculos com outras Ciências, como a Química, só faria significativos avanços a partir da chamada Revolução científica, nos séculos XVI e XVII, com Vesálio, Colombo, Cesalpino e William Harvey.

Desde os Tempos Pré-históricos, o Homem demonstrou interesse e curiosidade pelos fenômenos ligados aos reinos animal e vegetal, porquanto conhecê-los, compreendê-los e saber lidar com eles poderia significar a sobrevivência num meio hostil e desconhecido. Os mistérios do crescimento e da reprodução, da doença e da morte são exemplos do que deve ter estado no centro das preocupações do Homem primitivo. Uma resposta adequada e satisfatória foi, seguramente, um de seus maiores desafios. O conhecimento de plantas e animais locais, resultante da observação, foi transmitido, oralmente, de geração em geração, sendo que, a partir da domesticação dos animais e plantas, foi possível observar mais atentamente esses fenômenos, inclusive o do comportamento, comuns ao Homem e aos animais.

O primeiro conhecimento biológico adquirido foi o da Anatomia, em função do corte dos animais para alimento e dos mortos para embalsamamento. O Homem primitivo e as primeiras civilizações (Mesopotâmia, Egito, China) estavam familiarizados com os grandes órgãos (cérebro, fígado, pulmão, coração, estômago, intestinos e rins). Ao mesmo tempo, desenvolveu-se uma Medicina baseada em práticas de magia e de cunho religioso e no surgimento do mito do herói Asclépio, chamado na mitologia romana de Esculápio. As doenças eram atribuídas aos maus espíritos ou a castigo dos deuses; utilizando-se de sacrifícios (algumas vezes humano) para afastar as doenças, os feiticeiros ou sacerdotes procuravam agradar os entes mitológicos e interpretar os desígnios das divindades. Poções, amuletos, fórmulas cabalísticas e danças

rituais serviam ao propósito de afastar a doença do corpo, e, assim, permitir a recuperação do enfermo[151].

No exame da Biologia e da Biomedicina na civilização helênica, alguns períodos podem ser estabelecidos para efeitos puramente expositivos. O primeiro corresponderia ao Período Homérico, que terminaria no século VI, com o surgimento do espírito científico (Escola jônica). Homero, na Ilíada, nas descrições dos combates, indica as partes vulneráveis do corpo: o fígado, a base do pescoço e as regiões laterais do crânio; descreve o diafragma, divide o corpo em duas partes: a superior, com o coração e os pulmões, e a inferior, com o intestino, os órgãos genitais, o rim, a bexiga; identifica a traqueia e o esôfago e menciona alguns ossos e articulações. A Medicina, nessa fase heroica da história grega, mantém as características mítico-religiosas das outras culturas contemporâneas.

O segundo período, iniciado com os filósofos jônicos (século VI) até Hipócrates, se caracterizaria pela introdução do espírito científico no estudo dos fenômenos naturais. É o primeiro grande esforço para substituir a pura imaginação e a mera especulação pela Razão, ou seja, pelo raciocínio lógico, na busca das causas naturais para os fenômenos naturais. No dizer de Mayr[152], os primeiros filósofos gregos reconheceram que os fenômenos fisiológicos, como locomoção, nutrição, percepção e reprodução requeriam ser explicados racionalmente, o que significava uma ruptura com o tradicional enfoque fantasioso e supersticioso. A importância desse período reside exatamente na introdução do espírito científico, apesar de que a força da tradição e da ignorância manteria ainda por muitos séculos enorme influência sobre o desenvolvimento da Biologia, retardando, mesmo, seu ingresso na era científica. Os nomes mais citados desse período são os de i) Alcmeon de Crotona (século V), que descreveu o nervo ótico e a trompa de Eustáquio; reconheceu o cérebro (e não o coração) como o centro do pensamento e das sensações; distinguiu as veias das artérias; e teria feito algumas dissecações (e vivissecções); e ii) Empédocles, que tratou de várias questões biológicas, como a formação do feto e a respiração dos animais; considerava que os fenômenos biológicos teriam causas mecânicas e que mudanças nas condições do meio imporiam ao ser vivo adaptações apropriadas dos órgãos; pensava ser o sangue a sede da alma. Formulador da teoria dos quatro elementos,

---

151 LIMA, Darcy. *História da Medicina.*
152 MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*

seria, igualmente, pioneiro, segundo alguns autores, da teoria dos quatro humores (sangue, fleuma, bílis amarela e bílis negra). Do ponto de vista da Medicina, as Escolas predominantes do período foram[153]: i) a pitagórica, sendo Alcmeon e Filolau, o astrônomo, seus mais ilustres representantes; ensinava que a saúde se devia a um equilíbrio de forças dentro do corpo; ii) a de Empédocles de Agrigento, cujos mais conhecidos seguidores foram Acron e Filisto, que enfatizaram a importância do ar dentro e fora do corpo; iii) a jônica, com ênfase em dissecações anatômicas e iv) a de Abdera, que dava grande importância ao uso medicinal, à dieta e à ginástica. Essa Escola foi representada por Demócrito, o filósofo do atomismo, e por Heródico, suposto professor de Hipócrates.

O terceiro Período teria duas nítidas vertentes: a da Biomedicina com Hipócrates, considerado o pai da Medicina, cuja tradição se prolongaria até a Escola de Alexandria, sendo seus mais insignes representantes Herófilo e Erasístrato, e a da Biologia, com Aristóteles, considerado o "pai da Biologia" cujos ensinamentos prosseguiriam nos estudos do Liceu, em especial com Teofrasto. Esse Período é da maior importância na evolução da Biologia e da Medicina, porquanto é a partir de Hipócrates e Aristóteles que o espírito científico é introduzido no estudo e na pesquisa da Medicina e da Biologia. O ingresso na era científica não significaria, contudo, a ruptura com as práticas tradicionais, em especial no campo médico, as quais continuariam a ser utilizadas. Os próprios filósofos, como Empédocles e Platão, reconheciam e valorizavam a medicina de encantamento e de milagres[154]. A tradição médica grega, ainda que reformada por Hipócrates, continuaria a ter como principal objetivo o tratamento clínico do paciente e a cura da doença, mas não o conhecimento do corpo humano e de seus órgãos, que era rudimentar, confuso, contraditório e errôneo. O estudo dos órgãos e de suas funções ficaria em um segundo plano. A Medicina continuaria a se basear, durante muitos séculos, numa Anatomia medíocre, cheia de erros, e numa Fisiologia arbitrária, devido, principalmente, à ausência de dissecação. Por outro lado, a Biologia, tanto a Zoologia, quanto a Botânica, se iniciou com Aristóteles e seus discípulos do Liceu, que procuraram, através de definições, classificação, observação, análise e comparação, sistematizar e ordenar o conhecimento dos fenômenos biológicos. Tal pioneirismo não teria, contudo, insignes seguidores, com a

---

[153] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[154] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

brilhante exceção de Pedanius Dioscórides (40-90), no campo da Botânica e da Farmacopeia. Nada de importante e de novo surgiria no mundo helênico, em matéria de Zoologia. À Escola peripatética cabe a glória do pioneirismo na Biologia, assentando bases, abrindo caminhos, estabelecendo métodos, iniciando análises, prestigiando observações, orientando experiências, criando o primeiro museu de História Natural, descrevendo e classificando os seres dos reinos animal e vegetal. Esse esforço descomunal e esse empreendimento extraordinário, que resultaram na criação de uma ciência, foram, por muito tempo, esquecidos e desprestigiados, vindo a ser reconhecidos somente com o descobrimento das obras de Aristóteles pela Europa no século XII. Ernst Mayr[155] considera que "ninguém, antes de Darwin, contribuiu mais para nossa compreensão do mundo vivo que Aristóteles. Quase todos os capítulos da História da Biologia devem começar por Aristóteles".

No que se refere à Biologia, o desinteresse, e, até mesmo, a oposição, nos séculos vindouros, teriam sido derivados da influência da filosofia de Platão, em detrimento dos preceitos e ensinamentos de Aristóteles. Na realidade, esses dois filósofos seriam decisivos na evolução ulterior da Ciência. Mayr[156] é bastante incisivo no particular: "a Filosofia de Platão do '*essencialismo*', com base na Geometria, foi totalmente inadequada para a Biologia. Foram precisos dois mil anos para que a Biologia, graças a Darwin, escapasse enfim dessa ideia paralisante do 'essencialismo'. Platão teve uma influência infeliz em vários domínios estritamente biológicos; seu pensamento, enraizado na Geometria, não teve condições para interpretar as observações da História Natural. De fato, no Timeu, ele afirma expressamente que nenhum conhecimento verdadeiro pode ser adquirido pelos sentidos... Reconheço a importância de Platão na Filosofia, mas afirmo que, no que se refere à Biologia, ele representa um verdadeiro desastre. O ressurgimento das concepções biológicas modernas só foi possível quando se emancipou da Filosofia platônica. Com Aristóteles é toda uma outra história".

Apesar dos esforços dos discípulos e dirigentes da Escola peripatética (Teofrasto, Eudemo de Pérgamo, Estratão de Lâmpsaco), os progressos nos estudos e nas pesquisas de Biologia seriam muito limitados. Com as brilhantes exceções de Herófilo, Erasístrato e Dioscórides, nos campos da Anatomia, Fisiologia e Botânica, e de alguns outros poucos pesquisadores, a

---

155 MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*
156 MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*

Ciência Biológica, durante muitos séculos, cederia sua área de competência à clínica médica, cuja prioridade era terapêutica, do tratamento do doente e da cura da doença. O conhecimento do corpo humano e das funções dos órgãos seria prejudicado com a interdição da dissecação, inviabilizando o progresso nesses campos e em outros da Biologia e da Medicina. Erros grosseiros na Anatomia, por exemplo, persistiriam por séculos, pela total falta de observação, pesquisa e estudos, além do desinteresse evidente generalizado, por motivos culturais, filosóficos e religiosos. Somente a partir do século XIII, com Mondino de Liuzzi, e Henri de Mondeville, e no século XIV com Guy de Chauliac, se iniciaria o ressurgimento das pesquisas em Anatomia.

2.1.7.5.2 Biomedicina - Anatomia - Fisiologia

Os trabalhos de Hipócrates de Cós (459-377) marcam o início da busca das causas das doenças em causas naturais, e não como resultantes de fatores devidos a entidades superiores, negando, assim, a origem divina das moléstias. Sua obra, provavelmente com alguns acréscimos de seus discípulos, é conhecida pelo título de *Corpus Hipocraticum*, e foi reunida e publicada pelos copistas de Alexandria, do século III, em um total de 153 escritos, dispostos em 72 Livros e 59 tratados. Os escritos hipocráticos abarcam todo o conhecimento filosófico e médico de seu tempo. Três célebres Livros são o *Prognóstico* (com a famosa descrição dos sinais da morte), a *Natureza do Homem* e *Ares, Águas e Lugares*, este último acerca de Saúde Pública, Climatologia e Fisioterapia.

Hipócrates, o pai da Medicina, ocupa posição de destaque na História da Ciência, estando, ao lado de Aristóteles, Arquimedes e Euclides, como um dos maiores cientistas da Grécia. No campo da Anatomia, descreveu, de forma bastante completa, o coração, mencionando os ventrículos musculares, as válvulas cardíacas, as aurículas e os grandes vasos; na Fisiologia, defendeu Hipócrates que o calor inato do corpo era necessário para a vida e era oriundo da pneuma, o ar inspirado pelos pulmões; em Patologia, as causas imediatas das doenças seriam devido a problemas internos e a causas externas, como clima, higiene, dieta e atividades físicas[157]. Suas descrições do estado do paciente e da moléstia são consideradas

[157] LIMA, Darcy. *História da Medicina.*

modelos de observação clínica, como os muitos citados de difteria, tifo e epilepsia, por serem sucintas, claras e breves, sem uma palavra supérflua, mas indicando tudo que seja essencial no acompanhamento do estado do paciente. O diagnóstico só era feito após minucioso exame do quadro sintomatológico, inclusive com o uso da palpação e da verificação da pulsação arterial. Organizou Hipócrates detalhado registro dos casos sob seu tratamento, registrando sucessos, mas também fracassos, tendo sido o criador dos registros médicos no Ocidente. Tumores, fístulas, úlceras e hemorroidas eram tratados cirurgicamente.

Pioneiro da Ética na Medicina, a Crítica de Hipócrates a charlatães e curandeiros era incisiva: "na minha opinião, ela (epilepsia) não é nem mais divina nem mais santa que qualquer outra doença, tendo, ao contrário, uma causa natural, sendo que sua suposta origem divina se deve à inexperiência dos homens e ao seu espanto ante seu caráter peculiar...aquelesque primitivamente deram a tal doença um caráter sagrado eram como os mágicos, exorcizadores, curandeiros e charlatães dos nossos tempos, homens que se gabam de possuir grande devoção e não menor sabedoria. Nada sabendo e não possuindo medicamento algum que os possa auxiliar, escondiam-se e abrigavam-se por detrás da superstição, chamando a essa doença de sagrada a fim de que sua profunda ignorância não chegassea manifestar-se...". Sobre o assunto da Ética na Medicina, é válido ressaltar o famoso juramento dos médicos, atribuído a Hipócrates, reconhecimento da importância da honradez e da correção no exercício da profissão.

Dessa forma, a desmistificação da doença, e a consequente procura de suas causas naturais, e o registro cuidadoso, consciente e objetivo das observações da evolução dos sintomas da enfermidade e do respectivo tratamento, foram as principais e decisivas contribuições de Hipócrates e de seus discípulos da Escola de Cós à racionalidade na Medicina. O mérito histórico de Hipócrates é consignado dessa forma por Taton[158]: "em Hipócrates e seus sucessores encontramos a primeira evidência, no Ocidente, da Medicina como Ciência. Hipócrates incutiu uma visão científica e usou métodos científicos em uma área de atividade dominada pela magia e pela superstição. Seus julgamentos eram cuidadosos e moderados, e ele rejeitou toda a filosofia e retórica irrelevantes, assim como inúmeras superstições". O *Corpus Hipocraticum* é famoso também pelo grande número de aforismos,

---

158 TATON, René. *História Ilustrada da Ciência.*

sendo o primeiro o célebre: a vida é curta, a Arte, longa, a oportunidade, fugaz, a experiência, traiçoeira e o julgamento, difícil.

Outra Escola de Medicina de grande importância foi a de Cnido, a poucos quilômetros de Cós. Essa Escola concentrou-se em determinadas doenças, e seus membros foram especialistas em obstetrícia e ginecologia. Seus médicos teriam descoberto a auscultação e teriam praticado a trepanação. Consta, igualmente, ter havido certo interesse de ir além das atividades clínicas, como o de buscar explicação de como o corpo se forma, como se produz o nascimento, como os humores do organismo ficam em equilíbrio.

Apesar da renovação da Escola de Cós, por Praxágoras, e da fundação de uma Escola de Medicina em Atenas, por Dioclécio de Cariste, guardiães da tradição hipocrática, a Medicina grega ressurgiria mais tarde em Alexandria, onde despontariam os nomes de Herófilo e de Erasístrato, que fundaram duas Escolas de Medicina rivais no século II, e que funcionariam por mais de 300 anos. A Anatomia, com Herófilo, e a Fisiologia, com Erasístrato, fariam expressivos avanços, graças ao uso sistemático da dissecação, já que tal prática não era proibida no Egito. Conforme Sakka[159], os Ptolomeus instituíram a prática da dissecação, inclusive com cursos gratuitos, e a guarda dos trabalhos de pesquisa, infelizmente perdidos nos incêndios da Biblioteca de Alexandria. No Museu de Asclépio, em Epidauro, estão reunidos antigos instrumentos cirúrgicos, de bronze.

Herófilo (335-280) é considerado como o fundador da Anatomia. Aluno de Praxágoras (350-?- defensor da teoria humoral) e de Crisipos, investigou o cérebro, o sistema nervoso, o sistema de veias e artérias, os órgãos genitais e o olho. Seu trabalho foi perdido no incêndio da Biblioteca, no ano 48, provocado pelas tropas de Júlio César, sendo que se conhece sua obra por testemunho de Galeno, que a teria manuseado. Herófilo descreveu a anatomia do cérebro e dos nervos, identificou o cérebro como o centro do sistema nervoso (e não o coração), descobriu os nervos do cérebro até a coluna vertebral, distinguiu as veias das artérias e os nervos dos tendões. Estudou as pulsações arteriais, inclusive com o uso de clepsidra (relógio d' água). Acompanhou o nervo ótico do olho ao cérebro, se interessou pelo fígado, pelo baço e pelos intestinos (deu o nome de duodeno à primeira divisão do intestino delgado) e descreveu corretamente os órgãos genitais, inclusive o útero e o ovário. Observou e deu nome à glândula prostática. Descobriu a

[159] SAKKA, Michel. Histoire de l`Anatomie Humaine.

chamada trompa de Falópio, escreveu sobre dieta alimentar e recomendou a ginástica como um saudável exercício. Algumas partes da Anatomia humana ainda são designadas com seu nome – *calamus Herophili* (cavidade no coração) e *torcular Herophili* (ponto de encontro dos seios faciais com o duro tecido que cobre o cérebro). Rufus de Éfeso (século II da era atual), mestre de Galeno, estudou o cérebro e os nervos, sendo o mais ilustre e o último grande representante da Escola de Herófilo.

Erasístrato (304 ?-250 ?), se bem que considerado o pai da Fisiologia, dedicou-se igualmente à Anatomia, prosseguindo os estudos de Aristóteles em Anatomia comparada e iniciou a Anatomia patológica, sobre a alteração produzida nos órgãos pela doença. Atomista, rejeitou qualquer explicação sobrenatural para os fenômenos biológicos. A pneuma ou o sopro da vida é mais importante que o sangue na Fisiologia de Erasístrato[160]. Haveria duas pneumas: a vital, com sede no ventrículo esquerdo do coração, e a psíquica, com sede nos ventrículos do cérebro; esses dois sopros proviriam do ar exterior, que passa pelos pulmões (respiração), depois pelo coração, através da veia pulmonar; do coração o ar – agora sopro vital – é levado ou para o cérebro, onde sofreria uma segunda transformação em pneuma psíquica, ou para outros órgãos pela rede de artérias. O sopro psíquico seria também canalizado pelo sistema nervoso para outras partes do corpo, o que causaria a contração muscular. Cada órgão ou parte do corpo era servido, assim, por uma rede de veias, artérias e nervos, sendo que o sangue fluiria pelas veias, enquanto os sopros pelos nervos e artérias.

Erasístrato avançou em relação às descobertas de Herófilo, sobre o cérebro, dividindo-o em cérebro e cerebelo; comparou as circunvoluções do cérebro humano com o de outros animais, concluindo que a complexidade das formações anatômicas se relacionava diretamente com a inteligência. Interessou-se pelos nervos, estabelecendo a distinção entre nervos motores e nervos sensoriais. Rejeitou, enfaticamente, a teoria humoral (Empédocles e Hipócrates), que, aceita por Galeno, seria predominante por quinze séculos. Estudou o coração e o sistema vascular, em suas pesquisas sobre a Fisiologia da circulação, reconhecendo o papel fundamental do coração na circulação do sangue pelas veias (mas não nas artérias, que continham apenas ar) e as contrações do coração. Supôs, corretamente, que as veias estivessem unidas às artérias por vasos

[160] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

extremamente finos, razão pela qual, na ocorrência de uma abertura da artéria, o ar aí contido expelia o sangue da veia mais próxima.

Acreditava Erasístrato que todas as funções orgânicas eram, por natureza, mecânicas; a digestão era considerada como resultante da trituração dos alimentos no estômago. A maioria das doenças proviria da acumulação, no organismo, de alimentos mal digeridos, manifestando-se a doença normalmente pela inflamação ou pela febre. Valorizava, em consequência, a dieta alimentar, os banhos e a massagem para prevenir e neutralizar as causas das doenças. Coube-lhe, ainda, assinalar, em razão de suas pesquisas na Fisiologia da respiração, o papel da epiglote em impedir a entrada de alimentos e bebidas na traqueia no momento da deglutição.

Os progressos registrados nos estudos e nas pesquisas no campo da Anatomia e da Fisiologia por Herófilo e Erasístrato, imbuídos de espírito científico, não teriam prosseguimento, pelo ressurgimento de uma tendência de considerá-los desnecessários, devendo a Medicina limitar-se à cura dos pacientes, dispensando a Biologia, por irrelevante. Nesse sentido, várias Escolas, de diversas tendências, foram fundadas, mas cujo valor para a evolução da Medicina é mínimo, e sua inclusão na História da Ciência é para mero registro.

As Escolas de Medicina mais citadas são: i) a Escola dogmática, fundada por Dioclécio de Cariste, por volta de 380, divulgadora dos ensinamentos de Hipócrates; ii) a Escola empírica, fundada por Filino de Cós e Serapião de Alexandria, autor dos princípios empíricos, vulgarizados por Gláucias de Tarento: as observações do médico, as observações constantes na história médica por outros médicos e a experiência análoga. A Escola concedia à experiência um primado absoluto. Outro membro conhecido dessa Escola foi Heráclides de Tarento que, juntamente com Gláucias, buscou reprimir o fervor dogmático inicial contra Hipócrates e conciliar o método de pesquisa científica e o espírito empírico; iii) a Escola metódica, fundada no século I por Temison de Laodiceia (discípulo de Asclepíades de Prusa que divulgou a Medicina grega em Roma), se caracterizou pelo desprezo da Ciência teórica e da tradição hipocrática. Atomista e de influência epicurista, considerava a doença como resultado de um desarranjo na disposição dos átomos no organismo, recomendando o tratamento pela hidroterapia e pela ginástica. O maior ginecologista da Antiguidade, Soranus de Éfeso, pertenceu à Escola metódica; iv) a Escola pneumática, de influência estoica e de reconhecimento do valor da teoria, foi fundada por Ateneu de Atalia; subordinava todos os

demais fatores do equilíbrio fisiológico à influência da pneuma ou sopro vital. Um de seus mais conhecidos representantes foi Arquigenes de Apameu, no século I d.C.; e v) a Escola eclética, fundada por Agatino de Esparta; reconhecia o valor da formação e da pesquisa científicas, e incorporou tudo que considerava como válido das outras Escolas.

O mais ilustre representante da Escola eclética foi o célebre Galeno, de Pérgamo (130?-200?), que escreveu um grande número de obras, das quais mais de 130 (em cinco rubricas: *Introdução à Medicina, Comentários sobre Hipócrates, Anatomia e Fisiologia, Diagnóstico e Etiologia, e Higiene, Dieta, Farmacologia e Terapêutica*) foram preservadas. A autoridade de Galeno manteve-se sem oposição e sem desafio por cerca de 1500 anos, até os trabalhos de Vesálio, na Anatomia, e de Harvey, na Fisiologia.

Por essa razão, uma rápida descrição e comentário[161] sobre seu entendimento de como funcionava o corpo humano é da maior importância, porquanto seria, em essência, a crença prevalecente no Ocidente, por 14 séculos. Acreditava, afastando-se, assim, dos ensinamentos de Erasístrato, na teoria dos quatro humores ou líquidos e na teoria platônica de três formas de vida: a psíquica, a animal e a vegetativa, com as respectivas pneuma ou sopros – a psíquica, com sede no cérebro, e que percorre todo o sistema nervoso, a vital, distribuída pelo coração e artérias, e a natural, localizada no fígado e que circula pelas veias. Por influência filosófico-religiosa, Galeno introduziu em seu sistema uma série de forças especializadas que presidiam, cada uma, as atividades particulares do organismo – forças de atração, de retenção, de expulsão, de secreção – ou uma função fisiológica, como a digestão, a nutrição e o crescimento. Os quatro elementos e suas qualidades respectivas produziam os quatro humores (sangue, catarro, bíles amarela e bíles negra); no sangue, os quatro elementos se encontrariam em quantidades iguais, mas nos outros humores um elemento seria mais abundante que os outros: a água no catarro, o fogo na bíles amarela, a terra na bílis negra; a predominância de um dos humores determinaria o temperamento (teoria do temperamento) do indivíduo – sanguíneo, fleumático, colérico e melancólico.

O sistema fisiológico de Galeno continha muitas imperfeições. Acreditava que o sangue era produzido no fígado pelos alimentos ingeridos (e transformados no estômago) e se distribuía pelo corpo através do sistema venoso. Descobriu a presença de sangue nas artérias, que o conduziriam até

---

[161] TATON, Rene. *La Science Antique et Médiévale.*

o cérebro, que, por sua vez, o transformaria em sopro animal ou psíquico, que seria distribuído pelos nervos. O sistema circulatório de Galeno contemplava, assim, a interferência de três órgãos (fígado, coração e cérebro), que injetavam, respectivamente, no corpo diferentes sopros (natural, vital e animal) que fluíam pelo corpo através dos canais venoso, arterial e nervoso, respectivamente. Defendeu, contudo, ser o cérebro o centro da inteligência e do controle do corpo humano[162].

Seus trabalhos em Anatomia foram executados tendo por base dissecações em animais (cães, porcos, macacos e cabras), já que as de humanos estavam proibidas. Estudou bastante bem os músculos, os nervos e os ossos, graças à sua condição de médico da escola de gladiadores de Pérgamo. Descreveu corretamente o fluxo urinário pelos ureteres até a bexiga e demonstrou extensão da paralisia provocada por cortes da medula espinhal. Galeno localizou, ainda, várias qualidades da alma em diferentes partes do corpo, e acreditava que os órgãos haviam sido criados de forma perfeita; em conseqüência, sua obra seria aceita pela Igreja e considerada infalível, tornando-se, praticamente, no único texto sobre Anatomia médica na Europa[163].

Apesar da diferença de ênfase entre as várias Escolas de Medicina, a tradição hipocrática de acompanhamento da evolução da doença e do doente prevaleceu sobre o conhecimento anatômico e fisiológico. A dieta, a ginástica, a sangria, o purgativo, o vomitório, a infusão e a massagem eram prescrições habituais dos médicos gregos para seus pacientes, cujo tratamento tendia a ser individualizado, em vez de generalizado (há doentes, não doenças).

Plantas e ervas medicinais eram usadas com frequência nos tratamentos diversos, seguindo tradição da Época homérica. Dioscórides de Anazarbo (20-?), médico-cirurgião militar das legiões de Nero e botânico, escreveu *De Materia Medica*, extensa e importante obra, considerada a primeira Farmacopeia sistemática, que incluiu mais de 600 plantas e de mil drogas. Clássico da Farmacopeia, o trabalho foi dividido em cinco volumes, mas só viria a ser conhecido na Europa em 1478, segundo uma versão alfabética medieval (século VI); a obra em grego foi impressa em 1499, tornando-se rapidamente a fonte principal de pesquisa pelos estudiosos da época. Deve-se esclarecer que a obra já era conhecida pelos árabes, a qual foi de extrema

[162] LIMA, Darcy. *História da Medicina.*
[163] STORER, Tracy; USINGER, Robert. *Zoologia Geral.*

utilidade para os estudos médicos. Dioscórides descreveu muitas drogas e sua utilização, como sulfato de cobre, água de cal, cânhamo, cicuta, hortelã e anestésicos à base de ópio e mandrágora. Obra de caráter empírico, classificou os fármacos testando-os clinicamente, isto é, dispondo-os por suas afinidades, observadas através de sua ação no organismo humano.

2.1.7.5.3 Zoologia

As principais obras de Aristóteles nesse domínio são: *História dos Animais*, *Da Geração dos Animais*, *Das Partes dos Animais*, *Da Alma* e *Pequenos Tratados de História Natural*, com monografias sobre diversos aspectos, como *O Movimento dos Animais, a Sensação*. Sua obra demonstra o aprofundamento de seus conhecimentos, a sagacidade de suas pesquisas e a precisão dos fatos observados. Aristóteles, como diz Taton, usou o método comparativo, raciocinou por analogia, verificou suas conclusões e estendeu suas pesquisas a todas as circunstâncias da vida animal; ele se interessou pelos hábitos, estudou a influência do clima sobre o modo de vida, descreveu seus *habitats* e suas doenças. Foi pioneiro em Ecologia e Biogeografia. Interessado no fenômeno do nascimento e da formação dos seres, na *Geração dos Animais* o cientista estudou os sexos, o acasalamento, a fecundação, a embriologia, o nascimento e a hereditariedade. Admitia a geração espontânea. Não executou dissecação de humanos, o que explica ter acompanhado a tradição grega nos campos da Anatomia e Fisiologia, inclusive em seus erros.

Aristóteles foi o primeiro a distinguir as diferentes disciplinas dentro da Biologia (com escritos específicos e em separado para as diversas disciplinas, como Embriologia, Taxonomia, Nutrição, Morfologia); foi o primeiro a escrever uma História Natural detalhada de um grande número de espécies animais; dedicou uma obra inteira à reprodução; interessou-se, ainda, pelo fenômeno da diversidade orgânica e pelas diferenças entre os reinos animal e vegetal; estabeleceu, como pioneiro em Taxonomia, uma classificação dos animais (deu nome a cerca de 500 espécies), segundo determinados critérios; para Mayr, a maneira com que ele classificou os invertebrados foi superior à de Lineu. Foi pioneiro em Biologia marinha e em Embriologia. Criou a Anatomia comparada ao estabelecer seus dois princípios básicos, o da homologia estrutural e o da analogia funcional. Com base em observações pessoais, estabeleceu princípios ou leis naturais, como “a Natureza atribui

sempre os órgãos aos animais que são capazes de utilizá-los", pois "a Natureza não faz nada em vão ou supérfluo" e "tudo quanto faz a Natureza é meio para atingir algum fim". Foi um empirista, pois suas especulações científicas se fundamentavam sempre nas suas observações, afirmando na *Geração dos Animais* que as informações fornecidas pelos sentidos deveriam primar sobre a Razão[164].

A classificação dos animais consta da obra *Partes dos Animais*, onde apresentou duas grandes classes: os de sangue vermelho (enaima) e os sem sangue (anaima). Os enaima se subdividem em quatro grupos: i) os quadrúpedes vivíparos, que compreendem os mamíferos, inclusive os cetáceos, as focas e os morcegos; este grupo é objeto de uma nova subdivisão com base no esqueleto e nas extremidades; ii) os quadrúpedes ovíparos (lagartos, tartarugas, batráquios, serpentes); iii) os pássaros,subdivididos em oito espécies, de acordo com suas extremidades e sua alimentação; iv) os peixes, subdivididos, segundo a natureza de seu esqueleto, em cartilaginosos e ósseos. Os anaima são também divididos em quatro grupos: os de corpo mole (cefalópodes – lulas, polvos), os de corpo mole recoberto de escama (crustáceos), os de corpo mole recoberto de casca dura (mariscos, ouriços) e os insetos, subdivididos em nove espécies (inclusive os vermes). Na classificação aristotélica, os oito grupos são chamados de grandes gêneros, e suas subdivisões de gêneros se subdividem em espécies. Como relaciona Ronan[165], as observações incluíam descrições completas de camaleão e de caranguejos, lagostas, cefalópodes, e de muitos peixes e pássaros, investigações sobre o acasalamento de insetos e o comportamento dos pássaros no namoro, a construção do ninho e o cuidado com os filhotes. Pesquisou as abelhas (nascimento, comportamento dos zangões e das operárias, o ferrão) e como o mel era guardado. Descreveu o crescimento do embrião do pinto e observou a batida do coração, como seu aparecimento antes dos outros órgãos (daí sua ideia de que o coração era a sede do pensamento e da alma).

Aristóteles foi, ainda, pioneiro no reconhecimento dos fósseis como antigos seres vivos, o que viria a ser aceito universalmente apenas a partir do século XVIII.

---

[164] MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*
[165] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

A definição de vida de Aristóteles é clássica: "por vida se entende a faculdade de se nutrir, crescer e perecer". Na famosa passagem em *Da Alma* esclareceu que a "palavra vida é empregada em vários sentidos. Desde que a vida se ache presente em qualquer desses sentidos, dizemos que a coisa está viva. Assim, por exemplo, existe o entendimento, a sensação, o movimento local e o repouso, a atividade relacionada com a nutrição e o processo de crescimento e de caducidade. As plantas têm vida porque têm em si uma faculdade pela qual crescem e fenecem; crescem e têm vida, enquanto são capazes de assimilar alimento. Em virtude desse princípio (a alma vegetativa), vivem todos os seres, tanto as plantas, quanto os animais. No entanto, é a sensação que, primariamente, constitui o animal e permite falar de uma alma animal, porque desde que tenham sensação, ainda que incapazes de movimento, os seres se chamam animais. Como pode existir a faculdade nutritiva, sem que haja tato ou outra qualquer forma de sensação, segundo se observa nas plantas, assim também pode existir o tato independentemente de todos os demais sentidos".

Para Aristóteles, todos os seres vivos, inclusive o Homem, são providos de alma vegetativa, responsável pela nutrição e pela reprodução; os animais e o próprio Homem dispõem também da alma sensitiva e motora (alma animal), mas só ao Homem cabe a alma racional, consciente e intelectual. Quando à alma vegetativa se junta a substância inerte, ocorre a geração de seres viventes[166]. Com essa base, Aristóteles organizou uma escala da natureza, da matéria inanimada, no limite mais baixo, até as plantas, depois as esponjas, as águas-vivas, os moluscos até o outro extremo da escala, com os mamíferos e o Homem. Tratava-se de um esquema estático, pois Aristóteles supunha a fixidez das espécies, não dispondo de um acúmulo de conhecimento que lhe permitisse formular uma teoria da evolução das espécies.

2.1.7.5.4 Botânica

O nome mais importante em Botânica, pelo pioneirismo, é o de Teofrasto (372-287), amigo e discípulo de Aristóteles, a quem sucedeu na direção do Liceu por cerca de 35 anos. Teofrasto foi um cientista importante, tendo deixado uma obra de real valor na evolução do pensamento científico, tanto como pai da Botânica quanto como precursor da História da Ciência, em seu

[166] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

livro *Opinião de Filósofos Naturais*, obra de referência para o conhecimento de pensadores e cientistas da civilização helênica. Teofrasto foi, ainda, um mineralogista competente, tendo realizado pesquisas com minerais, minérios e pedras[167].

Seu principal campo de atividade e de realizações foi o da Botânica. Escreveu *Relato de Plantas* (em 9 Livros), no qual mencionou cerca de 550 espécies, e *Causas do Crescimento das Plantas* (em 6 Livros). Um de seus méritos foi o de ter inovado ao criar um método que seria inestimável aos botânicos posteriores. As plantas eram classificadas de acordo com a existência, ausência e as variedades do tronco em: árvores – com um só tronco ramificado no alto, arbustos –, com um tronco ramificado desde a base, vegetação rasteira – de troncos múltiplos e ervas –, sem tronco, cujas folhas saem imediatamente da terra, anotando diferenças específicas entre as variedades selvagens e cultivadas. Tratou da questão dos melhores locais para as diversas espécies vegetais, sua distribuição geográfica, e anotou, ainda, sobre o eventual efeito do transplante sobre a reprodução da planta. Investigou a duração da vida das plantas e suas moléstias. Estudou, ainda, a geração e a propagação dos vegetais: germinação, flores, frutos, etc. Fez indicações de ordem prática sobre a melhor época do ano em que as árvores deveriam ser abatidas, sobre as espécies mais fáceis para serem trabalhadas, sobre as madeiras mais aptas para a construção naval. Examinou as seivas das árvores, as ervas medicinais, os tipos de madeira e seu uso. Teofrasto deu significado técnico especial ao pericarpo – parte do fruto que envolve a semente –, e esse foi um passo vital para o surgimento de uma verdadeira Ciência botânica, como declara Ronan na obra citada.

Suas descrições eram bastante precisas e de grande valor, pela falta de adequada terminologia, como as que fez do pericarpo, das flores com e sem pétalas, dos tecidos nas plantas (tecidos parenquimatoso e prosenquimatoso), o modo como cresce um tegumento e a maneira pela qual se desenvolvem e se arranjam as flores em uma planta (inflorescência). Descreveu e distinguiu entre as gimnospermas (plantas, como as coníferas, em que as sementes se apresentam nuas) e as angiospermas (plantas com as sementes encerradas no pericárdio), e, ainda, entre as monocotiledôneas (plantas, como o trigo e a cevada, cujo embrião possui um cotilédone) e dicotiledôneas (plantas cujos embriões têm dois cotilédones, como as ervilhas e os feijões).

---

[167] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

As obras de Teofrasto só viriam a ser conhecidas no Renascimento científico, com sua publicação impressa em latim (1483) e em grego (1497).

Como explicou Charles Singer[168], "com a morte de Teofrasto a pura Ciência Biológica desapareceu substancialmente do mundo grego e assistimos à mesma decadência que se encontra mais tarde em outros domínios científicos. A Ciência deixaria de possuir como motivo o afã de conhecimento e se converteria em um estudo aplicado, útil às artes práticas...". Na realidade, a Botânica, por suas aplicações, passaria para o interesse dos agricultores e farmacólogos (ervas e plantas medicinais); somente a partir dos séculos XV e XVI, com Ruellius (1479-1531) e Charles de l`Écluse (1526-1609), na França, Brunfels (1488-1534), Bock (1498-1554) e Fuchs (1501-1566), na Alemanha, Cesalpino (1519-1603), na Itália, Hernandez (1514-1578), na Espanha e outros, que a Botânica voltaria a um tratamento científico.

2.1.8 Quadro de Honra da Ciência Grega

Tales de Mileto	624-548	Filosofia, Matemática, Astronomia, iniciador do pensamento científico
Pitágoras de Samos	580-497	Filosofia, Matemática, Astronomia, Teorema, Números irracionais, rotação e esfericidade da Terra
Hipócrates de Cós	460-377	Pai da Medicina. Corpus Hippocraticum
Eudoxo de Cnido	408-347	Matemática, Astronomia, Teoria das Proporções, modelo das esferas concêntricas
Aristóteles de Estagira	384-322	Filosofia, Matemática., Astronomia, Física, História Natural, Lógica, Fundador da Zoologia e da Anatomia Comparada, Cultura enciclopédica, Liceu, Organon
Teofrasto de Lesbos	378-287	Fundador da Botânica, Mineralogia, precursor da História da Ciência, Diretor do Liceu
Euclides de Atenas	360-295	Matemática, Óptica, Primeiro Tratado de Geometria Elementos

[168] Giordani, Mario Curtis. *História da Grécia.*

Herófilo de Calcedônia	335-280	Biomedicina, Pai da Anatomia, Fundador da Escola de Medicina de Alexandria
Aristarco de Samos	310-230	Astronomia, Matemática, Física, Teoria heliocêntrica
Erasístrato de Kea	304-250	Biomedicina, Pai da Fisiologia
Arquimedes de Siracusa	287-212	Matemática, Astronomia, Física, Engenharia, inventor, Estática e Hidrostática, maior cientista da Antiguidade, Sobre os Corpos Flutuantes, Arenário, Carta a Eratóstenes
Eratóstenes de Cirene	276-194	Matemática, Astronomia, Geografia, Geodésia, medição da circunferência da Terra, heliocentrismo, polímata
Apolônio de Pérgamo	262-190	Matemática, Astronomia, As Cônicas, com Euclides e Arquimedes forma a trindade de ouro da Matemática grega
Hiparco de Niceia	190-126	Astronomia, Matemática, primeiro catálogo das estrelas, maior astrônomo da Antiguidade, precursor da Trigonometria
Dioscórides de Anazarbo	20- ?	Medicina, Botânica, De Matéria Médica, primeira Farmacopeia sistemática
Cláudio Ptolomeu	75- ?	Astronomia, Matemática, Física, Geografia, Sistema geocêntrico, Almagesto
Galeno de Pérgamo	130-200	Biomedicina, Anatomia
Diofanto	210-290	Matemática, Álgebra

2.2 A TÉCNICA NA CULTURA ROMANA

A maioria esmagadora, para não dizer a totalidade, dos estudiosos da evolução do pensamento científico e da História da Ciência considera que a civilização romana, por suas características, não deu nenhuma contribuição substantiva e inovadora para o desenvolvimento científico. Alguns livros chegam, mesmo, a omitir Roma em seu exame da História das Ciências, ou a incluem como um apêndice sob a denominação civilização greco-romana, em que figura como divulgadora da Cultura e Ciência gregas e aperfeiçoadora e adaptadora de técnicas adquiridas de outros povos.

O pensamento científico e a capacidade especulativa, fontes da criação da Filosofia Natural na civilização helênica não foram absorvidos pelos romanos, dadas suas características. Povo prático, sem capacidade de abstração e voltado para suas necessidades imediatas, os romanos não seriam criadores, nem inventivos, mas saberiam adaptar o conhecimento acumulado aos seus interesses, através do desenvolvimento técnico. Jaguaribe[169] reconhece que a contribuição romana à Cultura tinha objetivos práticos, materializados nos "campos da Oratória forense, da Filosofia moral, do Direito e da Jurisprudência, da História, da Engenharia civil e militar, da Arquitetura, do Urbanismo e no estilo de civilização urbana". Condorcet[170] opinou que a Jurisprudência foi a única Ciência nova criada pelos romanos, porque as leis, sendo múltiplas, obscuras e complicadas, requeriam jurisconsultos para interpretá-las. Horta Barbosa[171] esclareceria que "inicialmente discípulos dos etruscos e, logo depois, dos helenos da Magna Grécia, distinguiram-se os romanos pela sua capacidade prática e militar e também pelo seu alheamento às questões abstratas, teóricas e científicas".

Sem criar e sem inovar, sem duvidar e sem criticar, sem especular e sem analisar, não há Ciência, isto é, não haveria criação científica em Roma. Roma importou, absorveu, copiou, adaptou, reproduziu, utilizou e divulgou a Ciência grega sem adicionar qualquer contribuição relevante. Ao menos no campo da Ciência, Roma é mera tributária, sendo herdeira, pela conquista das armas, de uma cultura superior à qual não agregou sua quota ou seu quinhão. Lindberg escreveria que a Ciência ou Filosofia Natural, tal como a conheceram os

[169] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*
[170] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*
[171] HORTA BARBOSA. Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

romanos, tendia a ser uma versão limitada, do logrado pelos gregos "... de fato, não existe mistério a respeito do nível ou grau de esforço intelectual romano e não há razão para surpresa ou para crítica. Devemos sempre recordar que a aristocracia romana considerava o conhecimento, exceto em matérias claramente utilitárias, como uma atividade para o tempo de ócio. Assim, os romanos fizeram o óbvio: tomaram emprestado o que lhes parecia mais interessante ou útil. Aquilo a que alguns gregos teriam dedicado suas vidas a temas que eram abstratos, técnicos, não práticos e aborrecidos não era razão para que muitos romanos cometessem o mesmo erro; seu desejo era estudar Filosofia, mas com moderação"[172].

Com diferentes palavras e ênfases diversas, os vários historiadores da Ciência assinalam as particularidades das culturas grega e romana. O filósofo e matemático Bertrand Russell[173] declararia que "culturalmente, Roma é quase inteiramente devedora. Na Arte, na Arquitetura, na Literatura e na Filosofia, o mundo romano imitaria, com maior ou menor sucesso, os grandes exemplos da Grécia. Roma não ofereceu nada que pudesse inspirar novas ideias aos pensadores gregos. A Grécia, por sua vez, embora destruída como nação, triunfava sobre seus conquistadores romanos na esfera da Cultura...Em todos os campos eram adotados os padrões da Grécia e, em muitos aspectos, os produtos de Roma eram pálidas cópias dos originais gregos".

O pensador e enciclopedista Condorcet, já citado, escreveria que "ela (Roma) dava leis a todos os países em que os gregos tinham levado sua língua, suas Ciências e sua Filosofia... as Ciências, a Filosofia, as Artes do desenho, sempre foram plantas estranhas ao solo de Roma. A avareza dos vencedores cobriu a Itália com as obras primas da Grécia... Cícero, Lucrécio e Sêneca escreveram em sua língua, eloqüentemente, sobre Filosofia, mas era sobre a Filosofia dos gregos". Tarnas[174] foi bem explícito: "Os romanos moldavam suas obras em latim, mas tendo como base as obras-primas gregas, desenvolvendo e expandindo uma sofisticada civilização, na qual seu espírito, bem mais pragmático, pairava sobre o reino da legislação, da administração pública e da estratégia militar. Na Filosofia, Literatura, Ciência, Arte e Educação, a Grécia permaneceu a força cultural mais vigorosa e atraente no Mundo antigo... O esplendor cultural de Roma era uma *imitatio* – inspirada,

---

[172] LINDBERG, David. *Los Inicios de la Ciencia Ocidental.*
[173] RUSSELL, Bertrand. *História do Pensamento Ocidental.*
[174] TAMAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

é verdade – na glória da Grécia; sozinha, sua magnificência não sustentaria indefinidamente o espírito helênico... grande parte da atividade científica, para não falar do espírito científico, reduziu-se radicalmente no Império logo depois de Galeno e Ptolomeu no século II... a fé no progresso humano, tão extensamente visível no florescimento cultural da Grécia do século V e esporadicamente expressa na era helenista (em geral por cientistas e técnicos), virtualmente desapareceu nos últimos séculos do Império Romano. Nesse contexto, os melhores momentos da civilização clássica estavam todos no passado...".

O professor e sociólogo Helio Jaguaribe, já citado, argumentaria que "quando comparado com a mente grega, o espírito prático dos romanos não gerou uma representação teórica do Mundo que se traduzisse em uma mitologia, uma filosofia, uma Ciência Natural, uma teoria política ou que se expressasse em paradigmas artísticos ou em grandes dramas. Os romanos sabiam imitar e copiar os gregos...". O professor Aquino[175] cita Gusdorf: "Roma legou ao Ocidente sua estrutura política, administrativa e jurídica. Ela define as fronteiras, a articulação geográfica, a rede de comunicações, mas não trouxe nada de novo para a ordem intelectual e espiritual... Os romanos não aumentaram esse tesouro, que assimilaram pelo direito de conquista. Na realidade, eles foram bárbaros que galgaram uma posição. Mais dotados do que os que vieram depois, trouxeram a autoridade que dá a paz, a técnica que assegura a posteridade. Mas a grande organização romana conserva, quanto ao essencial, uma alma helênica". O mencionado professor Aquino comentaria, ainda, que "o desinteresse pelas Ciências foi acompanhado pelo crescente interesse pelas religiões, que encontravam campo fértil na Sociedade romana".

Como escreveu Ronan "... em geral, diz-se que os romanos eram um povo prático e tecnológico, não muito dado a especulações intelectuais; quanto ao pensamento abstrato, eles se voltavam aos gregos em busca de inspiração... ainda é de admirar que eles realizassem tão poucos trabalhos científicos teóricos... talvez seja menos surpreendente o fato de que o trabalho realizado tendesse a ser um glossário das ideias gregas"[176]. Taton é de opinião que "é incontestável que a contribuição dos romanos ao progresso das Ciências foi quase tão reduzido quanto a dos etruscos por motivos diferentes

---

[175] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*
[176] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

...preocupadosantes de tudo pela cultura literária e moral, em parte por influência do platonismo, os romanos tiveram a tendência de deixar as Ciências nas mãos dos gregos ... e não souberam aplicar às matemáticas o rigor de espírito que aplicaram no raciocínio jurídico. Não há, pois, Ciência romana”[177]. Nesse mesmo sentido se pronunciaria De La Cotardière, ao escrever que, se os romanos souberam recolher herança grega, não a enriqueceram[178].

Apesar das grandes realizações no campo da Engenharia, Clagett, que em seu estudo sobre a Ciência grega inclui um capítulo à Ciência romana, reconhece ter tido Roma pouca Ciência independente, por se terem dedicado os romanos à Ciência aplicada e se desinteressado pela Matemática[179].

2.2.1 Antecedentes Históricos

A ocupação demográfica da Península Itálica remonta à Pré-História. A vasta planície ao Norte, na região do Pó, foi, inicialmente, ocupada pelos ligúrios, e posteriormente, pelos gauleses; a fértil planície da Toscana (Etrúria) foi ocupada, desde o século IX, pelos etruscos, de origem desconhecida (provavelmente da Ásia Menor), que, de todos os povos antigos da Península, foram os culturalmente mais avançados. As regiões central e meridional foram habitadas, desde o segundo milênio, por povos de língua indo-europeia, como os latinos, os sabinos, os ecuos, os volscos e os samnitas, e, mais tarde, pelos úmbrios. A região costeira mais ao sul e as costas da Sicília se constituíam na Magna Grécia, onde, a partir dos séculos VI e V, foi fundado um grande número de colônias gregas (como Tarento, Crotona, Nápoles, Cumes, Metaponto, Siracusa, Agrigento). Cartagineses ocuparam as ilhas da Sardenha e da Córsega. Assim, a Península Itálica foi palco de vários povos de diversas línguas e origens, com níveis de vida e de cultura diferentes.

Os etruscos, inicialmente restritos à região da Toscana, iniciaram um movimento de expansão territorial para o Norte (celtas) até atingir o Adriático (século V) e se assenhorear dos passos alpinos (o que lhes deu acesso à Europa central e setentrional) e para o Sul, conquistando o Lácio (século VII) e a Campânia (início do século VI). No Lácio, encontraram pequenas aldeias de cabanas em sete colinas (Aventino, Capitólio, Célio, Esquilino,

---

[177] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[178] COTARDIERE, Philippe de la. *Histoire des Sciences.*
[179] CLAGETT, Marshall. *The Greek Science in Antiquity.*

Palatino, Quirinal e Viminal), às margens do Tibre, que, unificadas política e administrativamente, em 753, se transformariam na cidade de Roma, a qual rapidamente se converteu em importante centro comercial e artesanal etrusco.

Os etruscos dominaram politicamente a maior parte da Itália central, desde o Pó até Catânia, no Sul, difundindo sua Arte e cultura em toda essa região. A excessiva descentralização administrativa viria a comprometer o futuro desses domínios. A expansão etrusca encontrou no Sul uma barreira intransponível na Magna Grécia, colocando os dois povos como inimigos irreconciliáveis. A cultura etrusca, que atingiu seu apogeu no século VI, entrou em declínio no século seguinte, a partir das frequentes incursões e ataques de romanos, gregos e celtas (gauleses) nas diversas extremidades dos domínios. Expulsos de Roma (509) pelos latinos (romanos), derrotados pelos samnitas e vencidos pelos celtas no Vale do Pó, os etruscos, como também os demais povos – sabinos, samnitas, volscos, gregos, cartagineses, gauleses – seriam, finalmente, derrotados pelos romanos, que viriam a controlar, nos séculos seguintes, toda a Península Itálica.

2.2.2 Evolução Histórica

A História de Roma se iniciou, assim, com a fundação da cidade, em 753; do ponto de vista político e administrativo, se divide em três grandes Períodos: Monarquia (753-509), República (509-27) e Império (27 a.C.-476), subdividido em Principado ou Alto Império (27 a.C.-284) e Dominato ou Baixo Império (284-476). O Período Monárquico foi dominado pelos etruscos, que governaram a cidade e seus territórios, cujos reis, alguns lendários, foram: Rômulo (753-717), Numa Pompílio (717-673), Tulo Hostílio (672-641), Anco Márcio (639-616), Tarquínio Prisco (616-579), Sérvio Túlio (578-535) e Tarquínio Soberbo (534-509)[180].

No mesmo ano da consagração do grande templo, no monte Capitólio, em homenagem à divindade protetora da cidade, Júpiter Capitolino, os romanos se sublevaram contra a dominação etrusca, expulsaram os conquistadores e proclamaram a República, regime que perduraria por cerca de 500 anos. Com o declínio do poderio etrusco, Roma estendeu seus domínios pela Itália, ou se aliou com diversos povos peninsulares que reconheceram seu poder e autoridade. Os dois maiores rivais da Roma

---

[180] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

republicana e opositores ao seu expansionismo territorial foram Cartago e Grécia, derrotados, respectivamente, nas três Guerras Púnicas (264-241, 218-201, 149-146), e em 146 (passando para a jurisdição do Procônsul da província da Macedônia). Com as conquistas da Ásia Menor, em 146, da Península Ibérica, em 133, e da fundação de diversas colônias na Gália, Roma transformou-se em grande potência marítima, com o Mediterrâneo como verdadeiro lago romano (*Mare Nostrum*)[181], cuja extensão territorial, graças a uma formidável máquina de guerra (exército profissional), técnica militar e brilhantes generais, incluía, além da Península Itálica, a Península Ibérica, o território dos francos, a ilha da Inglaterra, a Grécia e Macedônia (agora províncias), partes da Ásia Menor, o Egito e o Norte da África.

Com Otávio, inicialmente tribuno da plebe (30 a.C.), dois anos depois *princeps senatus* (príncipe do Senado), e, em 27, como *Augustus*, se iniciou o Império, novo regime político em substituição à República. Ao Principado ou Alto Império correspondeu um período de expansão ainda maior do poder de Roma, que chegou a fixar no continente europeu seus limites imperiais no Reno e no Danúbio, incorporando ainda a Dácia; na Ásia Menor e Oriente Próximo conquistou a Capadócia, a Mesopotâmia, a Cilícia, a Armênia, a Síria, a Judeia, e, ainda, toda a costa Norte da África (Mauritânia, Numídia, Cirenaica, Egito). O mar Vermelho e o mar Negro, como o Mediterrâneo, eram mares romanos.

Para o governo de tão extensos domínios, Roma impunha aos derrotados a chamada *Pax Romana*, que, da presença das legiões para assegurar o cumprimento das suas leis, cobrava pesados tributos e confiscava bens. Para tanto, construíram estradas que, partindo de Roma, atingiam as várias partes da Itália, como as Vias Ápia (Itália meridional), Flamínia (Úmbria), Valéria (centro), Clódia (mar Tirreno), Aurélia (Ligúria) e Cássia (Etrúria)[182].

A influência cultural grega, que se acentuou com a conquista e anexação da Grécia, seria decisiva na evolução do Império. Faltava aos romanos o espírito crítico, a sede pelo saber, a mente especulativa, a capacidade de abstração, que fizeram a glória científica e filosófica da Grécia. Sábios, filósofos, cientistas, literatos, médicos, professores e artistas gregos, atraídos pelo esplendor de Roma e pelos incentivos proporcionados de forma a viabilizar essa importação de cérebros, passariam a visitar e a viver no centro

[181] THE TIMES. *Atlas da História Universal.*
[182] GIORDANI, Mario Curtis. *História de Roma.*

do novo Império, transmitindo seus conhecimentos e experiências, trazendo um refinamento intelectual de uma cultura superior. A influência grega foi de tal magnitude que a grandeza cultural de Roma seria, na verdade, uma imitação inspirada do gênio grego. Apesar do poderio de Roma, contradições internas (econômicas, sociais, políticas) geravam constantes crises, que se agravaram a partir da morte do Imperador Alexandre Severo, em 235, inclusive com a invasão de povos germânicos, que atravessaram o Reno e o Danúbio e se instalaram em novos territórios.

O século III foi um período de insatisfação popular e de ameaças externas, de crises social, política, econômica e religiosa, em que a autoridade imperial sofreu profunda crise de legitimidade, devida em parte ao processo sucessório[183]. O sistema romano de produção agrícola estava em crise, com graves consequências no abastecimento dos grandes centros populacionais, em função do atraso técnico, dos pesados impostos e do desaparecimento dos pequenos, mas livres, agricultores, pelo abandono do campo ou por sua absorção pelos grandes latifúndios que empregavam mão-de-obra escrava. Profundas reformas se impunham para evitar o iminente colapso do Império.

Para enfrentar a pré-caótica situação, Diocleciano instituiu um Estado pagão, semitotalitário e burocrático, em que a maior parte das atividades públicas e privadas se tornou hereditária e mandatória. Diocleciano (284-305), compreendendo, ainda, a impossibilidade de governar sozinho tão vasto, disperso e complexo Império, resolveu dividi-lo com o General Aurélio Valério Maximiano, dando-lhe o Ocidente, mas ambos com o título de Augusto. Com tal iniciativa, Diocleciano encerrou o Período do Principado ou Alto Império, iniciando o último Período Histórico, chamado Dominato ou Baixo Império. Passados seis anos, Diocleciano dividiria novamente o Império, desta vez em quatro partes (Tetrarquia, em substituição à Diarquia): no Ocidente governariam Maximiano e Constâncio, o primeiro com a Itália, a Sicília e a África, e o segundo, com o título de César, com a Gália, a Espanha e a Bretanha; no Oriente, governariam Diocleciano e Galério, o primeiro com a Trácia, a Ásia e o Egito, e o segundo, com o título de César, recebeu a Ilíria e as províncias do Danúbio. Havia quatro residências imperiais: Milão, Trèves, Nicomédia e Sirmium. A partir dessa época, a cidade de Roma perdeu importância política e econômica, deixando, inclusive, de ser sede do Império, mas como sede papal (Papa Marcelino) transformar-se-ia na mais importante cidade da Cristandade.

---

[183] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

Os Césares estavam subordinados aos respectivos Augustos, sendo que Diocleciano tinha a primazia. Em função das alterações na estrutura do poder, reformas profundas foram introduzidas nas esferas administrativa, econômica, judiciária, militar, social e religiosa. A economia foi reformada de modo a viabilizar o novo regime, com uma ampla reforma tributária baseada na tributação (em produtos) da produção agrícola, na divisão da terra em unidades fiscais e na obrigação de o agricultor permanecer no campo; artesãos e outros profissionais se organizaram em corporações, sendo todas as profissões fixas e hereditárias, de forma a garantir o pagamento dos tributos. O Exército foi reorganizado, com a criação de quatro comandos, e seu efetivo fixado em 500 mil homens. No campo religioso, perseguiu os cristãos, por sua recusa em prestar obediência ao Império e ao Imperador. Por essa época, começou a ganhar prestígio e popularidade o neoplatonismo, de Plotino, que pretendeu uma síntese do politeísmo, da filosofia de Platão e do cristianismo.

Em 305, Diocleciano e Maximiano abdicaram, e os Césares Constâncio e Galério receberam o título de Augusto, sendo Maximino Daia e Severo escolhidos para Césares. A morte de Constâncio, em 306, criou grave crise: seu filho, Constantino, foi aclamado Augusto pelos soldados, enquanto que as tropas em Roma escolheram Maxêncio, filho de Maximiano, que, por sua vez, tentou voltar ao poder. A morte de Severo e a escolha de Licínio para César mostraram a inviabilidade do sistema de Tetrarquia, que sofreria novos golpes com as mortes de Maximiano e Galério. Em 311, o poder do Império estava dividido: Maximino Daia, em Nicomédia, dominava o Oriente; Licínio, em Sirmium, dirigia as províncias do Danúbio até o Bósforo., Constantino, em Trèves, governava a Gália, e Maxêncio, em Milão, administrava a Itália e a África.

Após enfrentamento militar, o poder ficou dividido entre Constantino e Licínio, sendo que um acordo foi selado, pelo qual Constantino recebeu ainda as províncias do Danúbio e a Península Balcânica, menos a Trácia[184]. Por cerca de dez anos, essa Diarquia governaria o Império, até que, em 324, após derrotar Licínio na Trácia e na Bitínia, Constantino assumiu o poder, que manteria até sua morte, em 337. Constantino continuou as reformas do Estado iniciadas por Diocleciano, defendeu com êxito as fronteiras do Império, e, no campo religioso, deu liberdade de culto aos cristãos, devolveu os bens confiscados da Igreja e aboliu o culto (pagão) oficial, em 313, pelo Edito de Milão. A fundação, no local da colônia grega Bizâncio, de uma nova capital

[184] GIORDANI, Mario Curtis. *História de Ro*ma.

do Império, em 11 de maio de 330, com o nome de Constantinopla (Papa Silvestre I) foi ditada por considerações estratégicas de defesa dos vastos domínios, cujas fronteiras estavam ameaçadas por povos vizinhos. Além de uma localização de fácil defesa, conveniente para uma capital, Constantinopla situava-se na parte oriental do Império, mais a salvo de ataques dos vizinhos bárbaros. Tais considerações estratégicas se provaram corretas, pois Roma, antes da derrota decisiva e final frente ao chefe germânico Odovocar, em 476, foi ocupada e saqueada três vezes no século V: por Alarico, Rei dos visigodos, em 410; por Átila, Rei dos hunos, em 451 (que controlou a região, mas não entrou na cidade, em atenção aos apelos do Papa Leão I); e por Genserico, Rei dos vândalos, em 455.

Com a transferência da capital e a consequente mudança do centro de gravidade do Império Romano, da Península Itálica para a Ásia Menor, o processo de declínio do Ocidente Romano, visível no século III, se acelerou ainda mais: crise na agricultura com o atraso técnico, a redução da área cultivada, a baixa produtividade, a ruína dos pequenos proprietários; crise na economia monetária, com as trocas e os pagamentos sendo efetuados com produtos; crise comercial, com a redução acentuada do comércio regional e internacional; crise no artesanato, com o empobrecimento das cidades e o êxodo para o campo[185].

Os governos que se sucederam a Constantino foram ineptos, fracos, sujeitos às ambições dos chefes militares. Devem ser registradas, contudo, as decisões: i) de Juliano (361-363), de retorno ao paganismo pela convicção de que o cristianismo debilitava o espírito cívico dos romanos; ii) de Valentiano (364-375), que dividiu o Império com seu irmão Valente, (que recebeu a parte oriental), e fixou Trèves, na Gália, como a capital da parte ocidental; eiii) de Teodósio, que tornou o Cristianismo (Papa Siricio) a religião única do Império (391) – no que significou o fechamento dos templos pagãos ou sua transformação em igrejas cristãs, fechamento das escolas e proibição do ensino, da cultura e das celebrações rituais pagãs, perseguição aos pagãos, declínio do neoplatonismo; Teodósio dividiria, definitivamente, o Império, em 395, entre seus dois filhos, Arcádio, com o Oriente, e Honório, com o Ocidente. Tal divisão correspondia a uma realidade política, social, econômica e cultural, entre o Leste, mais civilizado e relativamente próspero, e o Oeste, mais pobre, menos avançado, e penetrado pelos bárbaros.

---

[185] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

Com os sucessores de Teodósio e Honório, o Império Romano do Ocidente, cuja capital era Milão, entrou em crise, pela estagnação econômica e pela migração bárbara, principalmente pelos visigodos, que atravessaram o Danúbio, em 376, os vândalos e os suevos, que cruzaram o Reno, em 406, os visigodos, que invadiram as Penínsulas Ibérica e Itálica, em 412-414, os jutos e anglo-saxões, que desembarcaram na Inglaterra, em 420, e os vândalos, que em 429 invadiram o Norte da África. Em 476, os hérulos, sob o comando de Odoacro, destronaram o último Imperador romano do Ocidente, Rômulo Augústulo, fragmentando-se o Império ocidental em regiões autônomas, onde se notabilizaram alguns chefes bárbaros, como Odoacro, Teodorico e Atalarico. O Império Romano do Ocidente, conquistado pelos germanos desde a Bretanha (anglos, jutos e saxões) até a África (vândalos), e da Península Ibérica (visigodos) até a Gália (francos), desaparecia, pondo fim a 1230 anos da História de Roma.

Difícil a enumeração completa das principais causas que provocaram a queda de Roma, tanto mais que os diversos historiadores sobre esse Período Histórico divergem em suas interpretações. Na realidade, fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, militares e religiosos explicam a decadência do Império a partir da crise do século III, porquanto o declínio de tão poderosa e brilhante civilização tem que ser entendido, necessariamente, como derivado de diversas causas internas e externas que atuaram durante um longo período de tempo, e não apenas no momento final de seu desfecho.

Para fins expositivos, podem-se, contudo, estabelecer seis grupos dessas principais causas internas: i) a militar, que atribui as derrotas frente aos bárbaros ao fato de estarem as legiões mal treinadas, mal preparadas e mal equipadas, além da perda da disciplina e eficiência. A decisão política de substituição dos romanos pelo recrutamento de bárbaros explicaria a perda de combatividade do exército; ii) a decadência moral, pela desenfreada e disseminada corrupção, principalmente na classe governante, pela atitude e ações de uma desmoralizada, gananciosa e decadente aristocracia, pelo favoritismo dispendioso ao erário público; iii) a política, responsável pela transformação do poder imperial em um despotismo autocrático, pelo questionamento da legitimidade do processo sucessório, pela série de maus e ineficientes governantes, pela corrosão da autoridade e pela gradual e paulatina transferência do poder político e econômico de Roma para Constantinopla; iv) o social, pela mudança ocorrida na formação étnica e cultural da população, com a migração para várias partes do Império,

de importantes contingentes de tribos bárbaras, que obteriam cidadania romana e serviriam no exército. Se com o tempo se romanizaram, pela absorção da cultura romana, por seu turno, deixariam sua marca na evolução social, política e cultural do Império; v) o religioso, porque os cristãos se recusavam a jurar fidelidade ao Estado e fugiram do recrutamento militar. Perseguido inicialmente (Nero, Décio, Valeriano, Diocleciano), o Cristianismo obteria crescente aceitação, inicialmente pelas classes menos favorecidas, a partir do século II, em prejuízo do paganismo politeísta. Essa evolução acarretaria tremendo impacto e teria enormes consequências, por seu significado de quebra da unidade cultural e de divisão da Sociedade. Para Gibbon, Voltaire e Montesquieu, o declínio e queda de Roma foram consequência do enfraquecimento do Estado pelo Cristianismo, que tornou o exército incapaz de conter as invasões dos bárbaros. Ainda no terreno religioso, é importante consignar as questões de doutrina entre a Igreja de Roma e a de Constantinopla, as diversas heresias: dos nestorianos, do arianismo, do macedonianismo, do monofisismo e dos monotéletas, e os problemas derivados do politeísmo, do gnosticismo, e do neoplatonismo; vi) o econômico, pela incapacidade da estrutura produtiva (latifúndio, escravidão) de sustentar a complexa e dispendiosa máquina do Estado e de satisfazer às necessidades da Sociedade. O êxodo das cidades, a ruralização da economia, a redução das trocas comerciais e da produção artesanal, a pesada carga tributária, a diminuição da circulação monetária, a estagnação tecnológica e as crises de abastecimento dos centros urbanos indicavam, principalmente a partir do século III, a necessidade de reformas estruturais, sempre adiadas, do Império[186].

A principal causa externa da queda do Império Romano do Ocidente (476) foi a presença de muitos povos bárbaros ao longo dos extensos e distantes limites do Império, principalmente a Leste do Reno e ao Norte do Danúbio, que, pressionados pelos avanços dos hunos vindo do Leste, se precipitariam sobre as fronteiras, ocupando territórios, saqueando cidades e campos, matando populações. As frequentes ondas de invasões e incursões de hunos, vândalos, visigodos, ostrogodos, francos, jutos, saxões, lombardos, e outros, em diversas partes do Império, além de disseminar o medo e a intranquilidade na população e atemorizar a região fronteiriça, minava o prestígio das autoridades civis e militares e significava um tremendo ônus

[186] AQUINO, Rubim et al. *História das Sociedades.*

para o tesouro do Império, pelos gastos militares, pelas repercussões negativas na produção agrícola e artesanal, e pela perda de arrecadação de impostos.

Assim, a partir do século V, o mapa político da Europa espelhava uma nova realidade, ainda que a cultura romana resistisse às mudanças de governantes. A ordem social se alterara, os diversos povos germanos detinham o poder, mas como acontecera quando Roma conquistara a Grécia, os bárbaros seriam gradualmente absorvidos pela cultura dos conquistados (língua, religião). Ao mesmo tempo, o processo de deterioração econômica, com a contração monetária, o declínio do artesanato e do comércio e o êxodo urbano se acentuaram, aumentando o fosso econômico e cultural entre a parte ocidental da Europa e o Império Romano do Oriente (Império Bizantino), que duraria até a queda de Constantinopla, em 1453. O final do século V correspondeu, assim, ao fim do Império Romano do Ocidente, ao término da civilização clássica, iniciada na Grécia, cerca de mil anos antes, ao fortalecimento do Cristianismo como religião oficial da maior parte da Europa habitada e como mentor da formação moral e cultural das populações do antigo Império Romano; correspondeu, também, ao começo de um novo Período da História da Europa, conhecido como Idade Média.

2.2.3 Legado de Roma

O fascínio intelectual pela cultura grega e a dívida de gratidão das gerações posteriores à civilização helênica estão definitivamente marcados na História do mundo ocidental. Os vários historiadores e homens das Ciências e das Artes parecem competir nesse reconhecimento do gênio grego e de sua contribuição ímpar para o desenvolvimento da Humanidade. Em consequência, as demais manifestações culturais de outros povos, principalmente da Antiguidade, são vistas em comparação com a grega, o que tende a colocá-las numa posição de inferioridade nos diversos campos (Filosofia, Arte, Ciência, Literatura, Educação). Nenhuma outra civilização antiga tem representantes capazes de ombrear com um Aristóteles, um Hipócrates, um Euclides, um Arquimedes, um Hiparco. Bertrand Russell foi taxativo no particular: “O papel supremo de Roma foi o de transmitir uma cultura mais antiga e superior à sua própria. Isto foi conseguido graças ao gênio organizador dos administradores romanos e à coesão social do Império”. Tal reconhecimento unânime não deve, contudo, levar a desconhecer contribuições de outras civilizações, além

da civilização grega, ao desenvolvimento cultural e ao progresso da Humanidade.

A criação do maior e de mais longa duração Império na História basta para atestar a grandeza de Roma, o valor de suas instituições e o mérito da natureza aguerrida e pragmática de seu povo. A política imperialista, alicerçada na *Pax Romana*, explica, em boa parte, a mais importante e duradoura contribuição romana ao mundo civilizado – o Direito e a Jurisprudência. Conforme explica Jaguaribe, na obra já citada, a *Pax Romana* tinha por base o conceito da Lei e da Ordem, mas da ordem baseada na Lei, e garantidas pelas legiões. Assim, o Direito romano seria concebido e aplicado em todo o território do Império, constituindo-se em fundamental instrumento da coesão nacional, da manutenção da estrutura social e do fortalecimento do Império[187].

Dois marcos são importantes na evolução do Direito romano: a Lei das Doze Tábuas, de 450 a.C., e o Código de Justiniano (*Corpus Iuris Civilis*), promulgado entre 529 e 534. Os romanos distinguiam o Direito público (organização do Estado) e o privado (Direito civil, Direito das gentes, Direito natural). O Período considerado clássico da História do Direito vai desde o tempo dos Gracos (Lei Ebúcia), que introduziu um novo sistema de processo escrito, até o reinado de Justiniano. As fontes do Direito eram, então, as leis, os costumes, os editos dos magistrados, as respostas dos jurisconsultos, os senatusconsultos e as constituições imperiais. O papel dos jurisconsultos, que emitiam pareceres e que também eram professores e autores de obras de Direito, era, assim, de grande relevância, sendo que muitos passaram para a História do Direito, como Publius Mucio Scevola, Marcus Manlius, Julius Brutus, Quintus Mucio Scevola, Servius Sulpicius Rufus, Alfenus Varus, Labeo, Nerva (pai e filho), Gaius, Papiniano, Ulpiano, Paulo[188]. O Direito romano viria a prevalecer em boa parte da Europa continental, mesmo após o desaparecimento do Império Romano do Ocidente, e se constituiria na base do Direito moderno de um grande número de países ocidentais.

Outro legado foi a Arquitetura, o Urbanismo e a Engenharia, manifestações culturais compreensíveis numa civilização urbana; dos etruscos herdaram o traçado das cidades, o tipo de casa (*domus*) e dos templos, o conhecimento da abóbada. A mais marcante influência grega na Arquitetura romana é a das três ordens (dórica, jônica e coríntia), que foram imitadas e modificadas pelos

[187] GIORDANI, Mario Curtis. *História de Roma.*
[188] GIORDANI, Mario Curtis. *História de Roma.*

arquitetos. Os romanos construíram grandes edifícios e monumentos públicos urbanos, como a basílica (para reuniões, passeios e negócios, além de corte de justiça), pórticos, teatros, circos, anfiteatros, termas, aquedutos, arcos de triunfo e colunas de troféus. As imponentes construções mostram a preferência pela Arquitetura monumental. Além do *domus*, residência de um pavimento –, jardim, *vestibulum*, *atrium*, *tablinum*, *tabernae*, *cubicula*, *triclinium* – habitada pelos cidadãos da classe abastada, havia ainda os *insula*, edifício de apartamentos de vários andares, onde vivia a maior parte da população urbana. A partir do século II a.C., os construtores passaram a utilizar, com grande êxito, um novo material de construção – o cimento – argamassa preparada com a mistura de areia, cascalho e matérias vulcânicas. Com esse invento, foi possível aos engenheiros e arquitetos a construção de imponentes muralhas, de resistentes pontes e estradas, de grandes edifícios públicos e de sólidos cais e portos, de aquedutos. Para servir às cidades, os engenheiros romanos construíram aquedutos, cisternas de água potável e esgotos, e as casas (salas de estar) particulares dispunham de aquecimento central, por baixo do chão, o que revela habilidade no trabalho de encanamento e saneamento[189]. Vitrúvio é o grande nome da Arquitetura romana. Os romanos foram, igualmente, competentes na Engenharia militar, desenvolvendo técnicas de Alexandre e criando um grande estoque de máquinas de guerra, pontes militares e instalações defensivas sofisticadas[190].

Contribuição importante para o desenvolvimento cultural da Humanidade foi, ainda, a Literatura romana, de grande influência nos séculos vindouros. A existência de um grande número de bibliotecas públicas e particulares evidencia o interesse e o gosto pelas atividades intelectuais, sendo que no século IV havia, em Roma, vinte e oito bibliotecas, cujos livros eram feitos de papiro ou pergaminho. Se bem que fortemente influenciada pela Literatura grega (Teatro, Poesia, Conto, História, Sátira, Oratória), a romana adquiriu seu próprio valor ao atingir caráter universal. Os autores latinos de maior renome e de reconhecida qualidade literária foram: a) poesia – Ênio (*Anais*, *Saturnae*), Lucrécio (*Da Natureza das Coisas*), Catulo, Virgílio (*Bucólicas*, *Geórgicas* e *Eneida*), Horácio (*Odes*, *Arte Poética*, *Epístolas*, *Sátiras*), Ovídio (*A Arte de Amar*, *Metamorfose*, *Fastos*, *Remédios do Amor*, *Amores*), b) História – Júlio César (*Comentários sobre a Guerra da Gália*, *Comentários*

[189] ROBERTS, J. M. *História do Mundo.*
[190] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

sobre a Guerra Civil), Salústio (*A Conjuração de Catilina*, *A Guerra de Jugurta*), Cornélio Nepos (*A Vida de Homens Ilustres*), Tito Lívio (*História de Roma*), Tácito (*Diálogo dos Oradores*, *Os Anais*, *As Histórias*, *Agrícola*, *Germânia*), Suetônio (*A Vida dos Doze Césares*), c) sátira – Lucílio, Perseu, Juvenal e Marcial, d) romance – Petrônio (*Satiricon*), Apuleio (*As Metamorfoses*), d) oratória – Cícero (*Catilinárias*, *De Republica*, *De Natura Deorum*, *De Oratore*), e) teatro – Plauto (comédia), Terêncio (comédia), Andronicus (tragédia), Ácio (tragédia), f) fábulas – Fedro.

2.2.4 A Técnica na Cultura Romana

Povo prático, realizador, aguerrido e determinado, os romanos desenvolveram, no domínio da Técnica, um grande esforço, adaptando, modernizando e aperfeiçoando o conhecimento recebido. Para Maurice Daumas[191], o gênio romano residiu em tornar de uso corrente um grande número de técnicas ainda pouco desenvolvidas e de não ter recuado diante de tal empreitada. Os romanos não foram inventores de novas e sofisticadas técnicas, porquanto a criação não era uma de suas características, mas eram interessados na melhor utilização possível do que estivesse disponível. Não criaram, mas o que foi adaptado e aperfeiçoado seria divulgado, amplamente utilizado e massificado. O papel essencial de Roma foi, assim, o de deixar à disposição da população numerosas técnicas nos diversos campos da atividade diária.

Daumas, já citado, divide as técnicas em três categorias: as herdadas da civilização helênica, cujas aplicações foram aperfeiçoadas e difundidas; as emprestadas dos povos bárbaros, e que foram incorporadas, sem alterações, ao mundo latino do Ocidente; e aquelas cujas invenções lhes podem ser atribuídas. Os romanos aperfeiçoaram: a argamassa de alvenaria, a abóbada, a escada, a ponte e o aqueduto (com sifão), o esgoto, a telha, a viga, o leme, o mosaico, a cerâmica, o vidro, o moinho d'água, as máquinas de guerra, a vinicultura, o uso do estrume natural. Os romanos adaptaram: a maioria dos carros, arados e ceifadeiras de rodas, o tonel, a vestimenta cortada e costurada, o sabão, o esmalte policromo, a espada, a poltrona de vime, e aclimataram no Ocidente o castanheiro, o pessegueiro e o damasco. Os romanos inventaram: a abóbada votiva, a vidraça, a vela de cera, a cortina do teatro, a plaina, a verruma (furador), a pua, o serrote, os marcos militares.

---

[191] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*

Deve-se notar que em Roma não havia, a despeito da ampla burocracia estatal, órgão oficial que coordenasse e promovesse o desenvolvimento técnico. A transmissão do conhecimento, da tradição e do processo produtivo estava a cargo de corporações artesanais, pelo que o progresso técnico foi mais empírico que racional[192]. O emprego da mão-de-obra escrava explica, ao menos em parte, o desinteresse pelo uso de máquinas, o que impediria o surgimento da manufatura. Sem grandes trabalhos de drenagem e de irrigação, sem uma adequada política agrícola e sem a pesquisa de técnicas apropriadas para grandes extensões, a agricultura, em vez de propiciar a produção de cereais, concentrou-se na vinicultura, na oliveira e na arborização. Desta forma, Roma não soube capitalizar sobre os conhecimentos científicos e técnicos recebidos dos gregos e de outras culturas, não iniciando nem a Revolução agrícola, que permitisse alimentar adequadamente a crescente população do Império, nem a Revolução industrial, que permitisse superar a fase produtiva artesanal.

2.2.5 A Ciência na Civilização Romana

O estudo das ciências não atraiu nunca a preferência e o gosto dos romanos, ao longo de sua História. Por seu temperamento e por suas características mentais e intelectuais, os romanos não eram dotados de um espírito crítico, analítico, observador, nem eram dados a especulações filosóficas. Faltavam-lhes a curiosidade investigativa, a capacidade de abstração, a dúvida intelectual. Alexandria, o grande e único centro de vida científica do Império, não mereceu a atenção dos romanos, que davam preferência aos estudos de Retórica e de Filosofia na Grécia[193]. A falta de ensino das ciências e o descaso pelo conhecimento científico teriam graves consequências para o futuro do Império, pela estagnação do avanço técnico. Na ausência de condições de desenvolver um espírito científico, não foi possível a Roma, conquistadora da cultura grega, criar, ou, mesmo, evoluir, no terreno da Ciência. A contribuição da civilização romana à Ciência seria extremamente reduzida e irrelevante. Os autores de obras científicas são mais compiladores eruditos que cientistas: Plínio e seus sucessores raramente se utilizavam de observações pessoais, e Sêneca nem mesmo da experiência.

---

[192] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*
[193] GIORDANI, Mario Curtis. *História de Roma.*

Para alguns autores, uma das explicações para tal situação foi Roma ter conquistado a Grécia no século II a.C., quando a pesquisa científica e a atividade criadora começavam a entrar em declínio, em favor de pseudociências, como a Astrologia e a Alquimia, e das Ciências Ocultas. Taton, já citado, explicou muito bem esse ponto: a Astrologia concorreu com a Astronomia, a Alquimia reprimiu o início da Química, a Botânica se degradou com uma Farmacologia de receitas ridículas, e a Zoologia em coleção de maravilhas fantasiosas. Trata-se de uma onda de irracionalismo, em que são aceitas as influências astrais e os presságios, e se substituiu o esforço para conhecer as leis das relações constantes entre os fenômenos pela procura de uma causa misteriosa e universal, que, agindo à distância, geraria os fenômenos.

Roma, na realidade, seria vítima desse misticismo e dessa irracionalidade, que prevaleceriam ao longo de sua História, mas que seria decisiva a partir do século III, quando a influência filosófica e o pensamento científico gregos cederiam espaço a crenças e mentalidades de diversos povos do vasto Império. Nessas condições, novas forças se imporiam para criar um estado de espírito propício aos novos tempos, que não contemplavam o desenvolvimento da Ciência.

Convém registrar, a esse propósito, a opinião radical e veemente de Condorcet: "O desprezo pelas ciências humanas era um dos primeiros caracteres do Cristianismo. Ele precisava se vingar dos ultrajes da Filosofia; ele temia esse espírito de exame e de dúvida, esta confiança em sua própria razão, flagelo de todas as crenças religiosas. A luz dos conhecimentos naturais era-lhe odiosa e suspeita, pois eles são muito perigosos para o sucesso dos milagres, e não há nenhuma religião que não force seus seguidores a devorar alguns absurdos físicos. Assim, o triunfo do Cristianismo foi o sinal da inteira decadência tanto das Ciências, quanto da Filosofia". Richard Tarnas adotou uma postura mais conciliadora: "Com a ascensão do Cristianismo, o já decadente estado da Ciência no final da Era romana recebia pouco estímulo para novas descobertas. Os primeiros cristãos não sentiam nenhuma urgência intelectual de '*salvar as aparências*' deste Mundo, já que o Mundo fenomenal não tinha nenhum significado, se comparado à realidade espiritual transcendente. Para falar a verdade, o Cristo redentor já salvara os fenômenos; não havia grande necessidade de que a Matemática ou a Astronomia se encarregassem dessa tarefa... Como sempre era possível a intervenção milagrosa, os processos da Natureza estavam subordinados à providência divina e não a simples leis naturais".

O Cristianismo adotou, de início, uma posição contrária à Ciência, vista como uma criação pagã, a ponto de proibir seu ensino, de perseguir os cientistas e de destruir a Biblioteca e o Museu de Alexandria. Posteriormente, os Chefes da Igreja "reconheceram o valor do pensamento grego, aceitaram a maioria dos dados da Ciência pagã, desde que não contradissessem as Escrituras e não desencaminhassem os fiéis da preparação de sua salvação"[194]. A refutação, por exemplo, de Agostinho, da teoria dos antípodas, e do monge Cosmas Indicopleustes, da esfericidade da Terra, seria determinante para o abandono das teorias cosmológicas gregas.

Ao mesmo tempo, a ruptura das estruturas econômicas, sociais e políticas e a penetração de povos bárbaros no Império, a partir do século IV, que gerou pânico às populações de vastas áreas do Império, reduziram, ainda mais, as condições, já negativas, morais e materiais para o desenvolvimento da pesquisa e dos estudos científicos e a recuperação do tempo perdido. A prioridade absoluta passou, então, a ser a sobrevivência do Império, da ordem social e do próprio indivíduo. Dessa forma, e em síntese, esses diversos fatores, internos e externos, sociais, econômicos e religiosos, atuaram ao longo da história romana para impedir o surgimento de um espírito científico e de uma racionalidade conducente ao desenvolvimento das ciências.

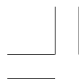
Em consequência, os romanos, apesar da admiração pela Natureza, se limitaram a descrevê-la, sem preocupação de compreendê-la: Plínio criticava aqueles que tinham a pretensão de estudar os fenômenos naturais. Nenhum ramo da Ciência escapou desse desinteresse e dessa atitude anticientífica. O tradicionalista Catão, crítico da influência grega, se opunha, sem êxito, à prática e ao ensino da Medicina helênica em Roma. A Matemática estava ausente das obras científicas, mas constava dos trabalhos técnicos; o sistema de numerais romanos, de origem remota e ainda pouco esclarecida, não era favorável ao desenvolvimento das operações aritméticas.

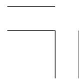
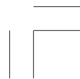
Na História da Ciência do Período Romano os poucos nomes conhecidos e mais frequentemente citados são, na realidade, mais de divulgadores, tradutores, sistematizadores e técnicos do que de cientistas. As obras não tinham originalidade, nem criatividade; não havia pesquisa, laboratórios ou centros de estudo, com exceção da desprestigiada Alexandria; o Estado priorizava a Agricultura, mas não a Botânica, interessava-se pelas obras de Engenharia, mas não estimulava o estudo da Mecânica, necessitava de

[194] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

cidadãos fortes e sadios, mas não privilegiava o estudo da Medicina, precisava dinamizar os meios de produção, mas não apoiava a pesquisa. É compreensível, pois, diante desse contexto, a ausência de reais cientistas romanos nos diversos campos da Ciência.

Sem mencionar os filósofos e os cientistas gregos contemporâneos da civilização romana, que são necessariamente representantes da cultura helênica, os diversos autores da História da Ciência citam Marco Túlio Cícero (106-43), político, escritor e orador, divulgador da cultura grega, autor de *Da República* e *Sobre as Leis*; Varrão (116-27), médico, sanitarista, geógrafo, astrônomo, botânico, gramático, homem de grande cultura, que escreveu 74 obras sobre temas variados, mas nos chegou apenas um tratado de Agricultura e um de Gramática, além de fragmentos de vários de seus escritos; Tito Lucrécio Carus (98?-55?), poeta, autor do *De Rerum Natura*, poema em que expôs a teoria atômica de Leucipo/Demócrito/Epicuro; e Celso (século I), autor de famoso livro de Medicina *Arte Médica*, mas considerada, por muitos, como tradução de obra grega; Plínio, o Velho (23-79), festejado como luminar da Ciência romana, escreveu volumosa *História Natural*, considerada uma compilação, de muita imaginação e de pouco valor científico. É conhecida sua postura anticientífica de limitar a Ciência à descrição da Natureza.



Capítulo III - A Filosofia Natural nas Culturas Orientais

Sob esse título genérico serão examinadas as condições prevalecentes nas culturas orientais chinesa, indiana e árabe para o desenvolvimento do pensamento científico e das diversas disciplinas científicas, em sequência ao estudado no Capítulo I, sob a denominação de *A Técnica nas Primeiras Grandes Civilizações*. O Período a ser agora analisado corresponde, na civilização chinesa, à Época da dinastia Tang (século VII) até o final da dinastia Ming (século XVII); na cultura indiana, ao chamado Período Gupta (século IV) até o início do Império Mogul (século XVI), e para o mundo árabe islâmico, aos séculos VIII ao XV.

Como essas culturas orientais têm características próprias bem distintas, não é conveniente estudá-las como unidade, mas em separado, respeitando, inclusive, os respectivos períodos mais importantes e significativos.

O intuito de tal exame é determinar, ainda que de modo superficial, o nível de desenvolvimento de conhecimento científico e da evolução do espírito científico nas principais culturas orientais desse Período Histórico, o que permitirá estabelecer uma comparação do quadro evolutivo dessas culturas, e das diversas culturas europeias contemporâneas (a ocidental latina, a oriental grega e a eslava), a serem examinadas no Capítulo IV. Com exceção do mundo árabe, as demais culturas orientais mantiveram escasso e superficial contacto com a cultura ocidental latina e grega, o que, para muitos historiadores, explicaria o pouco interesse demonstrado por aquelas civilizações no desenvolvimento científico.

O exame do avanço da Filosofia Natural nessas culturas orientais se esgota nesse período, uma vez que seriam totalmente irrelevantes, para a História da Ciência, suas eventuais contribuições, até o século XX, para o avanço do pensamento científico.

3.1 A CHINA DA DINASTIA TANG À MING E A FILOSOFIA NATURAL

O Período Histórico sob análise, da civilização chinesa, compreende cerca de mil anos, desde o curto reinado dos Sui (581-618) até o final da dinastia Ming (1368-1644), sendo representativas as dinastias Tang (618-907), Sung (960-1279), Yuan (1279-1368) e a própria Ming.

Durante esse longo período, abrigou a China um grande número de minorias em seu território, manteve-se isolada de outros grandes centros de civilização e refratária a contactos e influências estrangeiras, sofreu agressões de povos interessados (mongóis, coreanos) em conquistar o seu mercado. Apesar desses aspectos negativos, foi capaz, contudo, de aumentar sua área geográfica, incrementar substancialmente sua população, preservar a unidade da escrita, desenvolver uma grande capacidade técnica e inventiva, realizar grandes obras de engenharia, como o Grande Canal, a Grande Muralha e a Cidade Proibida, formar uma formidável frota mercante e uma poderosa Marinha de Guerra. A China conseguiria, ainda, criar uma sofisticada e refinada Arte (Literatura, Pintura, Teatro, Caligrafia), promover o artesanato, estabelecer uma eficiente administração pública, através do Mandarinato, conservar um pensamento filosófico-religioso todo particular, baseado na Natureza, com o culto principal do Céu e da Terra, e rejeição – ou falta de crença – de toda espécie de divindade pessoal. A agricultura se manteria durante toda a história chinesa como a principal atividade econômica, absorvendo elevado percentual da população.

A dominação da China pelos mongóis, nos séculos XIII/XIV (Gengis Kan, Kublai Kan), com a imposição de uma nova dinastia estrangeira, a Yuan, não afetaria o desenvolvimento da cultura chinesa, que, superior à de seus conquistadores, se imporia na região. Deve ser ressaltada, contudo, a resistência dos imperadores e da corte mongóis à cultura chinesa, inclusive ao uso do idioma chinês. Com a dinastia Ming retornariam os chineses ao poder.

No final do século XVI, por primeira vez, se instalaria em solo chinês missão jesuítica, a qual manteria estreito contacto com a corte, mas

permaneceria por pouco tempo, sem deixar impacto na cultura do País, mantendo-se, assim, a China alheia a desenvolvimentos importantes no campo científico em outras culturas, como a da Europa ocidental e a dos árabes.

A continuidade da cultura chinesa se manteve, assim, por um longo período de tempo, o que a torna uma das mais antigas, com suas características vigentes até hoje. Durante todo esse Período Imperial, de quase mil anos, o sistema social e o regime político não se alteraram, apesar de constantes rebeliões, insurreições, revoltas, invasões e golpes de Estado para mudanças dinásticas ou de governantes.

3.1.1 Desenvolvimento Técnico

Se as condicionantes da civilização chinesa não foram conducentes à formação de um espírito científico, foram, contudo, favoráveis a e impulsionadoras do desenvolvimento técnico, inclusive por não representar perigo para a tradição e os costumes. O pragmatismo, a observação, a engenhosidade, a inventividade, a meticulosidade e a habilidade manual, entre outras características chinesas, foram responsáveis diretos pelo extraordinário desenvolvimento técnico ocorrido desde a unificação do País. Na realidade, além de se constituir em uma Sociedade fetichista-confuciana, outra característica fundamental da civilização chinesa seria a Técnica, cujo desenvolvimento espetacular não foi devido a conhecimento científico ou teórico, mas a qualidades intrínsecas do povo chinês.

Vários autores consideram a China mais avançada nesse terreno, no século XIV, que a Europa ocidental. Exemplos eloquentes desse desenvolvimento seriam: a correia frontal para aumentar a capacidade de carga do animal, o estribo e os arreios, o leme ligado à popa do navio, a manufatura da seda, a fabricação do papel, a esfera armilar, o sismógrafo, a porcelana, a pólvora, os fogos de artifício, a bússola magnética, a prensa, o relógio mecânico. Os chineses, muito habilidosos, excelentes artesãos, competentes engenheiros, foram capazes de construir grandes obras. Para Colin Ronan[195], "os chineses sempre demonstraram um extraordinário senso prático, uma imensa habilidade em aplicar todos os conhecimentos a fins práticos... eles eram cientistas práticos... seus imensos desenvolvimentos de engenharia, em desenhos de eficientes foles e bombas, na manufatura de

---

[195] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

ferro e aço, na execução de perfurações profundas, na construção naval e na porcelana, ou em muitos outros aspectos de engenhosidade e da faculdade inventiva, como o papel, a seda, a pólvora...”.

Para muitos autores, as técnicas do Ocidente e da China se encontrariam em pé de igualdade, com o artesanato superior e a Ciência atingindo o estágio vinciano do conhecimento, com alguns elementos do método galileano[196]. Para esses autores, a Sociedade chinesa dos séculos XV e XVI já reunia muitas das condições (urbanização, crescimento do proletariado, classe empresarial, inovação técnica) que criaram o espírito individualista do Renascimento europeu e que gerariam o capitalismo e o Renascimento científico. No entanto, em meados do século XVII, final da dinastia Ming, a China continuaria com a mentalidade das épocas passadas, enquanto a Europa desenvolveria a Ciência e a tecnologia modernas; a partir dessa época, se abriria um fosso, cada vez mais amplo, que separaria esses dois centros de tão diversas civilizações.

3.1.2 Elementos Inibidores da Cultura Chinesa

A grande indagação que se faz é: por que foi capaz a Europa de iniciar uma Revolução científica e começar uma transformação da Sociedade, enquanto a China permaneceu isolada, imóvel, estagnada? Qual a razão de a Europa ter criado um pensamento científico, propulsor do desenvolvimento da Ciência, e de ter a China se mantido fiel a seu espírito pragmático? A própria capacidade inovadora no campo da Técnica parecia ter-se esgotado, inclusive não tendo condições de seguir o ritmo inovador europeu. Esse foi o momento histórico em que as duas culturas optaram por caminhos distintos, o que iria se refletir numa crescente brecha cultural, com reflexos no desenvolvimento de ambas as civilizações. As grandes invenções chinesas (prensa, bússola, pólvora) não tiveram impacto ou repercussão no mundo chinês, além de enfrentar oposição das classes dirigentes, imbuídas da Filosofia de Confúcio. Dispunham, por exemplo, da bússola, mas depois de viagens interoceânicas em fabulosos navios de junco, tais viagens foram proibidas (século XV). A prensa (tipografia) não foi instrumento de divulgação da cultura ou meio de difusão da instrução básica, pois a grande parte da população continuou analfabeta e ignorante, até o século XX.

---

[196] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*

A tão monumental progresso técnico, pouco ou mal aproveitado pelo País como um todo, não corresponderia, contudo, igual avanço no campo da Ciência. Assim, o desenvolvimento da Agricultura não se refletiu na Botânica, como a da Medicina na Biologia ou o registro de fenômenos celestes não incentivou a Astronomia científica. Conforme J. M. Roberts[197], "... Mesmo na tecnologia, onde a China conseguiu tanto e tão cedo, há uma estranha lacuna semelhante entre a fertilidade intelectual e a mudança revolucionária. Os chineses muitas vezes demonstraram inventividade, mas depois do Período Chou o que aumentou a produção foi o cultivo de novas terras e a introdução de novas colheitas, e não mudanças tecnológicas... O orgulho da tradição de Confúcio, a confiança amparada em grandes recursos e a distância territorial dificultaram o aprendizado com o exterior... os chineses não eram intolerantes ...mas a tolerância formal nunca permitiu muita receptividade na cultura chinesa". Condorcet explica bem o ponto: "... neste povo (chinês), que parece só ter precedido os outros nas Ciências e nas Artes para ver-se sucessivamente superada por todos; este povo, que o conhecimento da artilharia não impediu de ser conquistado por nações bárbaras; onde a Ciência, cujas numerosas escolas são abertas a todos os cidadãos, são as únicas a conduzir a todas as dignidades, e onde, todavia submetidas a absurdos preconceitos, essas Ciências são condenadas a uma eterna mediocridade; onde enfim a própria invenção da prensa permaneceu inteiramente inútil aos progressos do espírito humano" [198].

A resposta a essa pergunta crucial está exatamente nas diferentes condicionantes das duas culturas, em que uma, herdeira do gênio grego, desenvolveu capacidade de abstração, de dúvida e de racionalidade, lutou pela liberdade de pensamento e de expressão, cultivou um espírito empreendedor, e instituiu a noção de progresso; e a outra, fruto de uma crença primitiva e de uma Filosofia conservadora, procurou, através da ética, do culto à tradição, da manutenção da ordem, do imobilismo social e da família, como base da Sociedade, desenvolver as noções de estabilidade, conservação, obediência, respeito, ordem e tranquilidade. Ademais, autores diversos citam algumas causas determinantes dessa diferença cultural que resultaria em desenvolvimento distinto para as civilizações, europeia e chinesa: isolamento, língua, estilo de vida e psicologia, sistema imperial.

---

[197] ROBERTS, J. M. *História do Mundo.*
[198] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*

O isolamento chinês foi, definitivamente, uma das causas secundárias dessa defasagem. O Império Chinês manteve inalterada sua política de isolamento, tornando inexequível qualquer troca de informações, de experiências e de conhecimentos com outros países, colocando-se numa posição de superioridade cultural, em que os outros não teriam nada a ensinar. A orientação sempre foi a de evitar o contágio de culturas que poderiam vir a perturbar os fundamentos da vida chinesa.

Desde a dinastia Shang, o isolamento, por medo dos vizinhos bárbaros, pelo complexo de superioridade cultural ou pela geografia, foi uma constante da política chinesa, reforçado com a elevação do Confucionismo a ideologia oficial do Estado. Exemplo muito citado é o da navegação interoceânica, a qual, graças ao desenvolvimento técnico e a uma florescente indústria naval, foi capaz de equipar a Marinha, mercante e de guerra, de grandes juncos, embarcações superiores às caravelas portuguesas e espanholas da mesma época[199]. Sucessivas campanhas marítimas dos chineses, que estavam, assim, mais bem equipados para viagens longas do que as nações ibéricas, seriam interrompidas em 1433, e nunca retomadas, por imposição das autoridades confucianas, que se opunham ao comércio internacional e aos contactos com povos estrangeiros.

Essa tradicional política teria graves consequências no desenvolvimento da Técnica na China. Foi só no final da dinastia Ming que ocorreu o primeiro contacto permanente entre a China e o Ocidente, com o estabelecimento dos portugueses em Macau (1557) e posterior chegada do jesuíta italiano Matteo Ricci (1595), que aí permaneceria até sua morte, em 1610; deve-se a esse padre e cientista a transmissão à corte Imperial de alguns conhecimentos científicos ocidentais. Por coerência, eram consideradas perigosas e indesejáveis pelo Confucionismo a presença e a influência estrangeiras, que, com suas culturas distintas, representavam uma ameaça a seus ideais doutrinários. Assim, o tradicional isolamento chinês encontrou apoio filosófico no Confucionismo, interessado em resguardar a Sociedade de influências nocivas à ordem estabelecida.

Autores citam, também, a língua chinesa como obstáculo à Técnica e à Ciência, por sua inadequação verbal. Por falta de sintaxe e de formas gramaticais (onde se desenvolvem sujeito, verbo e complemento), e pela palavra monossilábica, o chinês não pôde criar as palavras abstratas e

199 JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

fundamentais, que permitem as operações do pensamento[200]. Não conheceu o chinês o desenvolvimento de uma lógica, análoga àquela da Grécia, que permitiria a construção da Geometria euclidiana abstrata. Para certos autores, a insuficiência do pensamento matemático chinês antigo vem da ausência da ideia de prova rigorosa, ligada também ao insuficiente desenvolvimento da Lógica Formal e do pensamento associativo (J. Needham). Adicionalmente, a língua clássica escrita não favoreceu a descrição de invenções técnicas, por seus clichês e metáforas literárias.

Estilo de vida e psicologia, decorrentes da Reforma e do Renascimento, são também mencionados como responsáveis pela diferenciação entre as culturas chinesa e europeia. A mentalidade contemplativa da Idade Média europeia cedeu lugar à ação e ao dinamismo; as concepções universalistas foram substituídas por concepções individualistas e nacionalistas, a religião se limitou ao domínio da alma e "o Homem deixou de estar a serviço do Mundo para se tornar seu dominador" (Daumas). Tais mudanças foram possíveis pela emergência de uma economia capitalista, manufatureira e mercantil, propícia ao espírito empresarial "que destruiu a concepção mítica e qualitativa do tempo, do espaço e da cosmografia". Na China não ocorreu tal tipo de mudança, continuando a Sociedade a se pautar pela tradição e velhos costumes, não sentindo necessidade de transformação.

Para Jaguaribe[201], na obra já citada, "foram o sistema imperial e o neoconfucionismo que criaram a base do individualismo chinês, no contexto das tradições culturais do país, preservando a orientação sociocêntrica de sua civilização". Nesse caso, se trataria de um individualismo bastante diferente do que prevaleceu na Europa a partir do Renascimento e da Reforma. O sistema imperial manteve a estrutura social rígida, estratificada, imóvel, com a ignorante massa camponesa arcando com o terrível ônus de sustentar a pesada e onerosa máquina estatal. O recrutamento da burocracia, pelo mérito aferido de acordo com os preceitos filosóficos vigentes, permaneceu inalterado, sem requisito de conhecimento de disciplinas científicas, o que, com o tempo, a tornaria incapacitada ou inadequada para gerir os complexos interesses do Estado.

Especialistas consideram que o neoconfucionismo, subordinando todos os fatores culturais à ética, única capaz de resolver todos os problemas,

---

[200] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*
[201] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

inclusive os políticos e econômicos, procurou preparar sábios, não cientistas e técnicos. Não havia interesse, preocupação ou curiosidade no sistemático questionamento da mente sobre a natureza e a extensão de seus próprios poderes. As lições do passado, a sabedoria dos tempos anteriores e a manutenção da boa ordem eram mais importantes que a reflexão sobre enigmas teológicos e filosóficos ou a procura de divindades. O ensino das ciências era negligenciado. O imobilismo, o conservadorismo e a estagnação seriam a consequência lógica dessa postura. Ao dinamismo e ao espírito empreendedor, de renovação e inovação da cultura europeia, a China permaneceu contemplativa, buscando o passado, indiferente à realidade presente, mas se opondo a reformas e a mudanças.

Se o Confucionismo explica o comportamento da Sociedade chinesa ao longo dos séculos e a formação da mentalidade das elites e do povo, foi, igualmente, responsável pela sobrevivência do fetichismo-astrolátrico, na medida em que, longe de combatê-lo e contestá-lo, chegou, mesmo, a patrociná-lo, estabelecendo regras para seus rituais e cerimônias. A convivência, e mesmo a conivência, do Confucionismo oficial com o fetichismo foi decorrência da defesa filosófica da tradição e do passado. Predições, leitura da sorte, adivinhações, oráculos e outras manifestações desse tipo, tão enraizadas na história chinesa, seriam, por isso mesmo, aceitáveis ao Confucionismo, mantendo-se como uma prática difundida em todo o território do Império. As cerimônias no Templo do Céu eram oficiadas pelo próprio Imperador, que orava por uma boa colheita e pelo sucesso em alguma guerra.

Em consequência, foi inevitável a essa Sociedade fetichista limitar-se a recorrer a, e a desenvolver a observação concreta, minuciosa, em detrimento de formulação de teorias abstratas. Desta forma, não ocorreu o desenvolvimento da grande Ciência, isto é, da Ciência abstrata, que tem por objetivo descobrir as leis que regulam os fenômenos[202]. Catálogos, registros, inventários, levantamento de dados seriam a tônica das atividades científicas, sem, contudo, formular, teorizar ou especular. Assim, por exemplo, durante a dinastia Ming, prioridade foi dada ao conhecimento prático (vários tratados de Farmacologia, técnicas agrícolas, quadro geral da tecnologia chinesa, descrição de máquinas hidráulicas, agrícolas e militares), de real interesse imediato, mas sem o correspondente interesse pela fundamentação científica.

[202] LAFITTE, Pierre. *Considérations Générales de la Civilisation Chinoise.*

3.1.3 A Ciência Ocidental na China

A China só viria a conhecer a Ciência ocidental, então nos primórdios da chamada Ciência moderna, com a chegada do jesuíta Matteo Ricci (1552-1610) à corte Ming, em 1601, seguido, depois, por um bom número de jesuítas franceses, italianos, alemães, poloneses, além de frades franciscanos e dominicanos. Em seu esforço para converter a elite chinesa ao Cristianismo, os jesuítas colaboraram na pesquisa científica e tecnológica, levando consigo mais de sete mil livros. A presença ocidental, quase limitada aos jesuítas, nesse momento, foi superficial e dirigida a um pequeno público, sem maiores repercussões na vida intelectual do País. O Imperador Kang-Hsi permitiu aos jesuítas a difusão do Cristianismo e a construção de uma igreja para os missionários franceses em Pequim, e nomeou o matemático francês Ferdinand Verbiest para vice-diretor do Observatório Imperial, responsável pelo Calendário oficial do Império. Irritado com a decisão do Papa a respeito da Controvérsia dos Ritos, o Imperador, em 1706, expulsou do País os dominicanos e os franciscanos, que não aceitavam os ritos chineses, mas manteve, apesar das suspeitas e desconfianças, os jesuítas, que admitiam aqueles ritos ou não se opunham a eles.

Apesar da amplitude das áreas cobertas, os jesuítas não introduziram a Ciência vigente na Europa da época. No dizer de Taton, na obra citada, "aos seus olhos, o valor da Ciência moderna estava em suas origens cristãs, não em sua superioridade intrínseca sobre a Ciência chinesa medieval. Equívoco fundamental... os missionários continuaram a identificar Religião Cristã e Ciência ocidental e hesitaram em dar conhecimento aos chineses das transformações da Ciência moderna na Europa", inclusive pelo receio de estabelecer dúvidas sobre a validade de sua doutrina religiosa. Apesar dessa ressalva, devem ser mencionadas algumas iniciativas dos jesuítas de divulgação de textos em diversas áreas: na Matemática, além da tradução e compilação de obras (*Elementos*, de Euclides), publicaram obras sobre Trigonometria, séries infinitas, tábuas logarítmicas e outros temas; na Astronomia, se bem que ensinassem o sistema de Ptolomeu, contribuiriam com métodos mais precisos para cálculo de eclipses, na construção de telescópios (o primeiro foi introduzido em 1618) e de outros instrumentos, no estabelecimento de planisférios celestes, na revisão do Calendário chinês para um sistema misto lunar-gregoriano; no campo da Biologia e Medicina, os jesuítas publicaram uma obra sobre o corpo humano, além de terem criado um laboratório de

farmácia. Outras áreas do conhecimento foram também, objeto de trabalho, com a compilação ou tradução de obras sobre Perspectiva (1626), sobre terremoto (1626 e 1679), sobre o termômetro (1671), sobre a luz e o som (1682), sobre a mecânica hidráulica (1612) e sobre outras máquinas (1617), além de grande número de trabalhos cartográficos[203].

No domínio específico dos ramos da Ciência pelos chineses, cabem os seguintes comentários:

quanto à Matemática, o tratamento foi utilitário, ou seja, vinculado à solução de problemas específicos. Dentre suas realizações, podem ser citadas: extração de raízes quadradas e cúbicas, utilização de frações, determinação de áreas e volumes de diversas figuras geométricas, inclusive da área do círculo, cálculo de 3,14159 para o valor de *pi (ð)*, conhecimento da análise indeterminada. Os matemáticos chineses calcularam diferenças finitas, conheciam números negativos e o Triângulo de Pascal. O sinal do zero foi conhecido no século XIII, e o ábaco deve ter sido inventado pelo século VI. A Álgebra desenvolveu-se mais que a Geometria, mas pouco avançou, por falta de embasamento teórico. Segundo especialistas, os primeiros matemáticos chineses conhecidos datam do III século da Era cristã: Liu Huei e Suen Tsu, ambos com trabalhos sobre cálculo; no que se refere à Astronomia, observaram e anotaram os chineses os movimentos dos únicos planetas conhecidos (Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno), que relacionavam com os cinco elementos, e que não tinham nomes próprios (Vênus era a grande branca, por exemplo); identificaram e registraram vários fenômenos astronômicos (eclipses do Sol e da Lua, desde 720 a .C., Cometas – de 613 a .C. a 1621, Novas e Supernovas – 1006, 1054, 1572, 1601); registraram, ainda, manchas solares (28 a .C.), meteoros e meteoritos. Desde o século IV a. C., os chineses compilaram catálogos sistemáticos de estrelas (astrônomos Shih Shen, Kan Te e Wu Hsien), posteriormente reunidos, no século IV d.C., por Chen Cho, em um mapa estelar. No ano 940, o astrônomo real Chien Lo-chih elaborou um mapa estelar (minucioso e em três cores) utilizando uma forma de projeção mais conhecida no Ocidente como projeção Mercator (1569). O mapeamento celeste também foi executado em globos e planisférios. Apesar dessa extensa observação dos corpos celestes, não foram capazes os chineses, contudo, de formular qualquer teoria sobre o movimento planetário, ou avançar estudos a respeito dos principais fenômenos; no terreno

---

203 TATON, René. *La Science Moderne.*

da Química, ou melhor, da Alquimia, como prática de laboratório, os chineses prosseguiriam com suas experiências no intuito de descobrir a fórmula da eterna juventude, em vista do interesse dos taoístas em investigar as substâncias naturais na busca da imortalidade física, nos meios de impedir o envelhecimento. Suas experiências visavam também a transformar os metais abundantes em ouro. Desenvolveram os chineses uma variedade de aparelhos e instrumentos especiais (fornos e fornalhas, vasos, retortas, estabilizadores de temperatura, balanças, tubulações de bambu, alambique para destilação do álcool) e inventaram a pólvora; sobre a tradicional Medicina chinesa, os livros clássicos continuariam vigentes para todo o período, porém ocorreriam avanços nas técnicas da acupuntura, moxabustão, massagem, fisioterapia, Farmacologia e Tai-chi-chuan. Alguns minerais eram usados na Medicina (cobre, salitre, carvão), sendo que um total de 46 substâncias minerais já constava da mais antiga Farmacopeia chinesa; na área da Botânica e Ciência agrícola, o avanço científico não correspondeu à importância da agricultura para o País. Tendo de alimentar grande população, desenvolveram técnicas agrícolas, como a irrigação e a rotação de culturas, desenvolveram máquinas agrícolas bem desenhadas e construíram canais para a circulação de produtos agrícolas. Utilizavam os insetos no combate às pragas e domesticaram o bicho-da-seda e o grilo, criaram o pônei mongol, o búfalo, o cão pequinês e peixes dourados. Grandes cultivadores de flores, criaram a rosa, o crisântemo e a peônia. O maior de todos os autores de Botânica foi Li Shih-chen (1518-1590), que escreveu volumosa História Natural e farmacêutica. Desde o século III a.C., os chineses já classificavam as plantas com nomes científicos de duas palavras.

3.2 A ÍNDIA GUPTA E DOS SULTANATOS E A FILOSOFIA NATURAL

Após a curta existência do Império Máuria, três períodos, correspondentes à Idade Média europeia, são normalmente identificados pelos historiadores: Gupta, de 320 a 540, o da instabilidade política, de 520 a 1050, e o dos sultanatos muçulmanos, até 1526, ano em que o chefe muçulmano Babur, governante em Cabul, conquistaria o Punjab e ocuparia Delhi, iniciando o chamado Império Mogul.

A despeito dos esforços, ao longo de todo esse período, os vários governantes do Norte da Índia fracassariam em suas diversas tentativas de obter a unidade política do subcontinente. A fragmentação política em vários

pequenos estados rivais seria uma realidade da Índia. A incorporação aos seus domínios da região do Decan (Sul), com seus vários Reinos, encontraria dificuldades insuperáveis, em vista da resistência popular a se submeter tanto a uma cultura indo-europeia quanto aos Guridas, afegãos muçulmanos ou outros chefes islâmicos em Delhi. Por outro lado, a invasão da região Oeste (Sind) pelos árabes islâmicos, no século VII, já inviabilizaria o sonho dos governantes de unificar toda a região indiana.

A instabilidade política, devida às rivalidades dos Reinos, às incursões guerreiras (hunos, árabes, turcos, mongóis, afegãos) e às desavenças religiosas, seria uma característica desse Período da História Indiana. Os constantes, e muitas vezes violentos, enfrentamentos entre adeptos do Hinduísmo e do Budismo complicavam ainda mais o cenário político em diversas regiões.

Foi no final desse Período Histórico o estabelecimento do contacto comercial direto do Ocidente com a Índia, com o descobrimento da rota marítima para a Ásia, por Vasco da Gama (1498). A partir desse momento, se intensificariam as relações comerciais entre as duas culturas, inclusive com a presença permanente (entrepostos) dos interesses de algumas potências europeias (Portugal, França, Inglaterra) e com os esforços da Igreja Católica de conquistar novos seguidores.

3.2.1 Considerações Gerais

Apesar das particularidades da evolução histórica da Sociedade indiana, o período sob exame foi uma continuação da época anterior, na medida em que os grandes valores da sua cultura continuariam a prevalecer, como a religião (Hinduísmo, Budismo, Janaísmo) e o idioma (sânscrito).

Embora o quadro político-religioso fosse conturbado, os padrões de vida indiana continuariam, no entanto, sem ser alterados com as alternâncias do poder político. Muito mais preocupado com a vida espiritual e seu aperfeiçoamento moral, a fim de atingir, no tempo devido, a Paz e a Felicidade no Nirvana, o indiano comum pouca atenção daria aos bens materiais. Sua prioridade não estaria voltada, assim, para a vida terrena, mas para sua purificação pessoal. A maioria da população vivia em aldeias mais ou menos autossuficientes, sem participar do processo político. Alheia às vicissitudes políticas, a população se ocuparia com suas tarefas diárias domésticas. A agricultura seria a grande atividade econômica, responsável pela alimentação de uma crescente população, seguida de um artesanato diversificado (tecido,

vidro, joias, móveis, cerâmica). A rígida estrutura social continuaria inalterada, com um sistema de castas, prejudicial ao desenvolvimento econômico e cultural e à iniciativa inventiva.

As manifestações artísticas estavam voltadas, principalmente, para temas religiosos, refletindo, assim, a forte influência do Hinduísmo e do Budismo no cotidiano do indiano. Esculturas e pinturas de divindades dominariam as atividades artísticas, seguindo a tradição de tempos passados.

3.2.2 A Ciência na Índia Gupta e dos Sultanatos

As características da Sociedade e do Homem indiano não contribuiriam para o desenvolvimento de uma atitude investigativa em relação aos fenômenos naturais. De um modo geral, o quadro da atividade cultural e intelectual permaneceria o mesmo de épocas anteriores. Dos vários ramos da Ciência, a Matemática e a Astronomia seriam os que mais se desenvolveriam na Índia desse período, uma vez que eram úteis para fins religiosos, como o da construção de altares. A proximidade e os contactos da cultura indiana com os árabes muçulmanos, a partir do século VIII, explicam, igualmente, a recíproca influência nesses dois domínios.

3.2.2.1 Matemática

Aryabhata (476- ?), primeiro matemático e astrônomo hindu de valor e de renome, e diretor, durante alguns anos, do centro de estudo Kusumapura, tratou, em sua obra *Aryabhatiya* (pequena obra descritiva em versos, com 123 estrofes), escrita em 499, de numeração (sistema decimal posicional), Aritmética (métodos para determinar as raízes quadrada e cúbica, progressão), Geometria (valor de *pi* (ð) até a quarta casa decimal - 3,1416), Trigonometria e Álgebra (equações indeterminadas de 1° grau). Elaborou, também, tabelas de seno e se ocupou das relações entre triângulos traçados numa esfera. Por essa mesma época, outro matemático de valor, Varahamihira, dirigiu o Centro de Estudos de Ujjain, Brahmagupta (598-668) e é considerado por muitos como o maior expoente da Matemática e da Astronomia da Índia, nesse período. Da escola de Ujjain, foi autor do renomado *Brahma Sphuta Siddhanta*, que atualizou e desenvolveu conhecimento nesses dois campos. A obra trata de numeração, Aritmética, Geometria, Trigonometria esférica, progressões (aritmética e geométrica), Álgebra, e, inclusive, do conceito do

zero. Outros matemáticos, como Mahavira e Bhaskara I, deram, igualmente, suas contribuições para a compreensão e desenvolvimento do sistema decimal posicional e da noção do zero. Em sua obra *Ganita Sara Samgraha*, Bhaskara I atualizou e comentou a obra de Brahmagupta, mas, como seus antecessores, não soube explicar a divisão por zero.

A maior contribuição hindu ao desenvolvimento da Matemática foi, seguramente, a invenção do zero, cujo uso, como um número, na Matemática indiana, data, aproximadamente, do ano 650. O trabalho indiano sobre o zero foi transmitido ao conhecimento dos árabes por al-Khwarizmi (século IX) no seu *Arte Hindu de Contar*, no qual descreveu o sistema numérico posicional, explicou o zero e popularizou o numeral, conhecido no Ocidente a partir da tradução de Adelardo de Bath, no século XII, como arábico. Apesar de não estar esclarecida a origem do zero, René Taton reconheceria que "de qualquer maneira, foi a Índia que inventou e pôs em uso o sistema completo de numeração decimal de nove algarismos e zero, que se tornou universal"[204].

Não se conhece exatamente a origem dos numerais hindus. Alguns autores consideram ter o numeral hindu se desenvolvido na região limite entre a Índia e a Pérsia, onde teria sofrido a influência da notação posicional babilônica, enquanto outros especialistas admitem ter surgido na região entre a Índia e a China, onde os numerais em barras pseudo posicionais podem sugerir a redução a nove símbolos. A primeira referência aos numerais hindus seria de 622, nos escritos de Severus Sebokt, um bispo sírio que os teria mencionado a propósito das sutis descobertas em Astronomia, cujos cálculos eram feitos por meio de nove sinais. Ainda segundo o citado Boyer, já havia algum tempo os numerais estavam em uso, como indica a referência "sobre um objeto do ano 595, onde a data 346 está escrita em notação decimal posicional". Adotados pelos árabes por volta do século X, foram levados para a Europa, onde ficariam conhecidos como numerais arábicos; no Ocidente, seriam modificados até chegar à sua forma atual.

A Matemática continuou a progredir no século IX, com Govindasvani, Sankara e Sridava (tabelas de seno, soluções de equações, Álgebra, equações indeterminadas e melhorias no sistema numérico); no século X com Aryabhata II e Vijayanandi, em seus trabalhos sobre tabelas de seno e Trigonometria, em apoio a seus cálculos astronômicos; e no século XI, com Sripati e Brahmadeva.

---

204 TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

O grande matemático indiano no século XII foi Bhaskara II (1114-1185?), na área da Álgebra, sistema numérico e Astronomia. Grande parte do conhecimento da Aritmética hindu provém de sua obra *Lilavati*, onde resolveu alguns problemas deixados por Brahmagupta. Importante foi seu trabalho a respeito da divisão de um número diferente de zero por zero, com a afirmação, por primeira vez, de que tal quociente é infinito[205].

No século XIV, o matemático de maior relevo foi Madhava, que desenvolveu método de cálculo baseado em seu conhecimento de Trigonometria.

3.2.2.2 Astronomia

O matemático Aryabata (476-499) dedicou-se à Astronomia, tendo escrito famoso livro sobre o assunto, *Aryabatiya*, no qual mencionou o movimento de rotação da Terra e desenvolveu a teoria dos epiciclos; tinha conhecimento da Astronomia grega e do *Almagesto*. Reconheceu o Grande Ano Cósmico do *Suryasiddhanta* de 4.320.000 anos, mas o dividiu em quatro períodos iguais de 1.080.000 anos. Outro astrônomo conhecido foi o matemático Brahmagupta (598-668), muito considerado por al-Biruni;escreveu um livro sobre cálculo astronômico, mas refutou Aryabata na questão da rotação da Terra. Outro matemático que se sobressaiu na Astronomia foi Varahamihira (século VI) que, além de escrever sobre cálculo astronômico, tratou igualmente de Astrologia e adivinhação.

Os estudos astronômicos do século XV ao XVIII tiveram por base o *Suryasiddhana*, com algumas adaptações; as mais conhecidas e reputadas são *Makaranda*, de 1478, e o *Grahalaghava*, de 1520, com cálculos de posições dos planetas.

3.2.2.3 Física

Há poucas referências ao estudo e à pesquisa na área da Física, ao longo da civilização indiana, não tendo sido desenvolvida nenhuma teoria ou doutrina. Uma teoria atômica, sob influência grega, teria sido desenvolvida, mas teve pouca repercussão no exterior e no próprio País. Uma teoria indiana do ímpeto, para explicar o movimento contínuo de um corpo, foi mais bem

[205] BOYER, Carl. *História da Matemática.*

elaborada que a grega prevalecente até o século XIV, pela qual o movimento do corpo depois de receber um impulso inicial continuava por pressão do ar. A teoria hindu se baseava em que o impulso inicial geraria um ímpeto que faria o corpo continuar se movendo[206].

3.2.2.4 Alquimia - Química

Não há indícios de qualquer tentativa de pesquisa da natureza do processo químico. O interesse estava na confecção de produtos, no uso prático do conhecimento da Química: tinturaria, cerâmica, vidraçaria, metalurgia, pigmentos, perfumes. Nessas preparações e nas experimentações, não havia nenhuma teoria subjacente. O que realmente interessou aos hindus, e teve muitos adeptos, foi a Alquimia, cuja prática foi bastante difundida, apesar de ter sido importada somente por volta do século VII; foram criados laboratórios e desenvolvidos aparelhos e instrumentos de trabalho (fornos, retorta, alambique). A Alquimia foi utilizada, também, nas preparações medicinais.

3.3 A FILOSOFIA NATURAL NO MUNDO ÁRABE ISLÂMICO

3.3.1 Introdução

Para a História da Ciência é de grande interesse o estudo da cultura que floresceu entre os séculos VII e XV em uma vasta e contígua área, constituída pela Península Arábica, Oriente Médio, Ásia Menor, Pérsia, Mesopotâmia, Turquestão, Afeganistão, até o vale do Indo, Norte da África (do Egito até o Marrocos), Sul da Península Ibérica e ilhas do Mediterrâneo (Chipre, Rodes, Baleares e outras). As particularidades dessa cultura comum a tantos e tão diversos povos (árabes, persas, turcos, mongóis, berberes, curdos e outros) dispersos pela Ásia, África e Europa, mas cujo centro irradiador foi o Oriente Médio, são devidas a determinados fatores que permitem denominá-la e caracterizá-la de mundo árabe islâmico.

A criação e o desenvolvimento de uma cultura nesse contexto só foram possíveis pela conjunção de dois poderosos fatores culturais aglutinadores: a língua e a religião. As conquistas territoriais dos árabes, povo de origem semita, além da Península Arábica e da Síria, em outras áreas (Iraque, Egito, Magreb,

[206] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

parte do Irã) arabizaram toda essa região do Oriente Médio e Norte da África. Outras etnias, porém, como os persas, os turcos, os curdos e os berberes, não se arabizaram, mas se islamizaram[207]. Desta forma, esses dois fatores de unidade cultural devem ser examinados em conjunto, como expressão da mencionada característica arábico-islâmica, e não de forma excludente.

O idioma árabe (falado e escrito) viria a prevalecer, no devido tempo, nessa região, sobre outras línguas (pélvi, siríaco, aramaico) e vários dialetos regionais, constituindo-se em verdadeira língua franca, transmissora de informação e cultura e instrumento executor das decisões das autoridades políticas e religiosas. O Corão, Livro sagrado, escrito em árabe, seria o mais poderoso veículo para a imposição do idioma a todos os povos islamizados. Tanto no governo e no comércio, quanto na cultura e na religião, o idioma árabe se imporia, com o tempo, como o meio de conhecimento e ideias. Inicialmente de beduínos pré-islâmicos, o idioma não era, originalmente, um idioma de cultura, pelo que não continha, por isso, vocabulário apropriado para a Filosofia Natural ou Ciência. Na realidade, só com o decorrer do tempo se enriqueceria o árabe com vocábulos adequados, e passaria a ser um meio altamente flexível e apropriado para a expressão de conceitos científicos[208].

A partir do século VIII, o árabe se firmaria como língua de cultura e de administração, graças a sua oficialização por al-Malik (685-705), ainda que grande número dos cientistas que floresceram sob os árabes não fosse de sangue árabe, como observou Taylor[209]. O idioma se difundiu, então, por todo o domínio islâmico: "os sábios muçulmanos, judeus e cristãos, árabes ou iranianos, falam, pensam e escrevem em árabe", esclareceram Paul Benoit e Françoise Micheau[210].

Nos domínios muçulmanos, toda obra que pretendesse ter valor e alcance nas ciências devia ser redigida em árabe. Essa condição se evidenciou, por exemplo, nas obras científicas, que, no início da arabização da região, eram traduzidas do grego para o siríaco ou o aramaico, pela inexistência no árabe de vocábulos apropriados, mas que seriam, posteriormente, escritas ou traduzidas diretamente para o árabe. O próprio Ibn Khaldun, em

[207] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*
[208] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[209] TAYLOR, F. Sherwood. *Pequena História da Ciência.*
[210] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências.*

Muqaddimah, observou que, com poucas exceções, a maioria dos sábios muçulmanos não era árabe, mas persa, tanto nas Ciências religiosas quanto nas intelectuais. Por exemplo, os persas al-Biruni , Ibn Sina (Avicena) e Omar Khayyam, três dos maiores nomes da Ciência do mundo árabe islâmico, escreveram em árabe.

A Religião Islâmica, apesar de dividida em duas grandes correntes – Sunita e Xiita –, foi outro fator decisivo para a criação de uma cultura unificada. Ainda que pudessem subsistir alguns bolsões judeus, cristãos, zoroástricos e até fetichista-astrolátricos, o Islamismo, além de religião oficial em um regime teocrático, exerceu uma influência dinâmica e modernizadora sobre povos sem antecedentes de grande cultura, ao mesmo tempo em que se beneficiou de culturas mais avançadas, como a persa e a hindu, ao adotar uma política de convivência pacífica e ao assimilar e incorporar seus conhecimentos. Essa visão de estadista dos primeiros governantes muçulmanos permitiria, igualmente, o acesso a obras da cultura helênica, trazida para a Pérsia pelos cristãos nestorianos e acolhida pela dinastia Sassânida. A fé islâmica se firmaria e se consolidaria em todos os territórios sob dominação árabe, independentemente da formação de uma elite intelectual, aberta a influências estrangeiras.

O papel da religião foi de tal importância que não se pode estudar qualquer manifestação cultural sem constatar a decisiva influência islâmica no sistema sócio-político. A transformação de um grande número de tribos nômades e de diversos Reinos rivais em uma Sociedade urbana, sedentária e mercantil, significou um importante passo civilizatório prestado pela unidade linguístico-religiosa.

O árabe e o Islamismo não foram, contudo, suficientes para estabelecer uma entidade política unificada, como o Império Romano, o Império Persa ou o Império Bizantino. Enquanto os Abássidas governavam em Bagdá, a dinastia Omíada dirigia a Península Ibérica, a dinastia Tulunida e o Califado Fatimida se sucederam no Egito, os Samânidas se estabeleceram na parte oriental da Pérsia, os Buídas ocuparam o Iraque, e o Magreb se tornou independente. Os mongóis, islamizados, conquistariam e governariam extensos territórios na Ásia central, e os turcos, ao derrotarem o Império Bizantino, formariam seu próprio Império Otomano.

Apesar dessa falta de unidade étnica e política no mundo islâmico, a cultura resultante, da qual o interesse pela Ciência foi um dos frutos, teve seu fundamento e explicação na conjunção desses dois fatores principais (idioma

e religião), razão pela qual o título de mundo árabe islâmico é o mais adequado para designar uma civilização de expressão árabe de profundo sentimento religioso, originária na Península Arábica, mas que depois se espalhou por todo o Oriente Médio, Norte da África e Sul da Península Ibérica.

3.3.2 Síntese Histórica

Dois grandes períodos históricos podem ser bem delimitados para o mundo árabe: o pré-islâmico (até o início do século VII) e o islâmico, iniciado com a Hégira (ano 622 da cronologia ocidental) e que perdura até hoje, apesar de que, para a Ciência no mundo árabe, o período significativo correspondeu do século IX ao XII, tendo Bagdá, Cairo e Córdoba como centros principais.

3.3.2.1 Período Pré-Islâmico

A extensa Península Arábica, região desértica com algumas áreas férteis no litoral (Iêmen, Omã), é limitada ao Sul pelo oceano Índico, a Leste pelos Golfos Pérsico e de Omã, a Oeste pelo mar Vermelho, e, ao Norte, se liga à Ásia pelo Deserto da Síria e pelo vale do Eufrates. Este relativo isolamento geográfico explica não registrar a História desses povos árabes qualquer grande invasão estrangeira que tenha vencido a barreira do deserto e que tenha implantado um novo tipo de civilização. O povo da Arábia permaneceria virtualmente o mesmo, através dos séculos[211]. Se não sofreu ocupação estrangeira, a Península passaria a ocupar, em decorrência do declínio do Império Romano, uma posição estratégica como encruzilhada das rotas comerciais entre o Mediterrâneo e o oceano Índico, e entre o Norte da África e a Ásia ocidental. Em consequência, a atividade comercial se transformou no centro da vida econômica da região, servindo de entreposto e passagem obrigatória (caravanas) das mercadorias, demandando, por terra, o Ocidente ou o Oriente.

Habitada, no interior desértico, por populações nômades (beduínos), agrupadas nos oásis em tribos chefiadas por Xeques eleitos, que viviam da criação de camelos e cavalos e dos serviços de proteção às caravanas, a Península Arábica, nas áreas férteis, foi ocupada por populações sedentárias

---

[211] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Mundo Árabe Medieval.*

urbanizadas, em que o comércio era uma atividade lucrativa que trouxe prosperidade aos portos e às cidades, mesmo às localizadas no interior, como Iatrib (depois Medina) e Meca. A produção manufatureira se restringia a um incipiente, rudimentar, limitado e pouco desenvolvido artesanato. Nas terras férteis e úmidas (Iêmen), cultivavam-se tamareiras, especiarias, algodão e plantas aromáticas. Os comerciantes (mercadores e caravaneiros) formavam a classe dirigente de repúblicas aristocráticas. Não havia nenhum sistema legal fora da tribo[212].

Do ponto de vista cultural, estavam os árabes em estágio bastante atrasado, se comparado com outros povos contemporâneos, como os hindus, os chineses, os persas e os cristãos bizantinos. Os árabes temiam os espíritos malignos – os *djinns* – e cultuavam os astros (Sol, Lua, Vênus, etc.) e pedras sagradas, das quais a mais importante era uma enorme pedra negra, na Caaba (templo construído em 550), em Meca. Além das grandes e principais divindades, havia, ainda, as locais e tribais. A religião, de responsabilidade de uma classe sacerdotal poderosa, estava presente em todas as atividades da população, pois a proteção dos deuses e das entidades superiores era necessária para o bem geral e individual. Durante quatro meses do ano eram suspensas as hostilidades entre as tribos para permitir a peregrinação a Meca. Os rituais religiosos incluíam sacrifícios de animais, libações, etc.[213]. As duas mais importantes cidades eram Iatrib (depois Medina), centro comercial, e Meca, movimentado centro religioso e comercial, para onde se dirigiam multidões nos dias de feira e de cerimônias religiosas.

Com a queda de Jerusalém e a destruição do Templo, no ano 70, pelos Romanos (Tito), contingentes de hebreus se refugiaram nas cidades da Arábia, formando, em alguns casos, comunidades relativamente grandes e importantes. Posteriormente, cristãos se espalhariam pelo Oriente Médio (Reino dos Gassânidas, na Síria, e Reino dos Lácmidas, na Pérsia), no Egito (coptas) e na Abissínia, de onde partiram para proselitismo na Arábia, construindo, inclusive, igrejas em Aden e Nejran. Medina contava com pequena comunidade cristã. Não havia maiores dificuldades no relacionamento entre as diversas etnias e religiões. O conhecimento árabe dos conceitos do monoteísmo data, assim, de antes da fundação do Islamismo, ainda que o Judaísmo e o Cristianismo não tenham feito progresso significativo, apesar dos esforços de catequese de monges e rabinos.

---

[212] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Mundo Árabe Medieval.*
[213] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

3.3.2.2 Período Islâmico

Para a História da Ciência, o período relevante do mundo árabe islâmico se situou desde o início da sua cronologia, ou seja, a partir da Hégira (ano 622 da cronologia ocidental), até o século XV, quando já eram evidentes o declínio e a decadência da sua cultura. Seu período áureo ocorreu do século IX ao XII. O Período Islâmico será dividido, por sua vez, em quatro fases distintas: a da origem até o fim do Califado de Ali (661), a da dinastia Omíada até 750, a da dinastia Abássida até 1258 (quando ocorreu o período áureo) e a da decadência e fragmentação até o século XV.

Uma nova religião monoteica, pregada por Maomé (570-632), iria transformar radicalmente a vida dos árabes, unificando política e religiosamente a Península Arábica e pondo fim às lutas entre as tribos. Toda uma cultura, que com o tempo não se limitaria aos povos de expressão árabe, seria fortemente impregnada pelo Islamismo, que lhe daria contornos específicos e característicos. Nessas circunstâncias, o conhecimento básico, ainda que superficial, do Islã é um dado fundamental para a compreensão da evolução histórica da civilização árabe islâmica.

3.3.2.2.1 Primeira Fase - das Origens até o Califado de Ali

Os preceitos e ideias do Islamismo refletem a influência de outras religiões professadas na região, como o Judaísmo, o Cristianismo e seitas pré-islâmicas. Divulgado, inicialmente, pelo Profeta em Meca (sua cidade natal), foi o Islã (Submissão à Vontade Divina) hostilizado e rejeitado pelos Coraixitas, tribo dirigente da cidade, guardiã da Caaba e beneficiada com o controle do comércio caravaneiro e com as rendas proporcionadas pelos peregrinos, que para aí se deslocavam para cultuar ídolos das 300 divindades da Caaba[214]. Rejeitado em Meca, Maomé retirou-se, com seus adeptos, para Iatrib, onde foi recepcionado pelos dirigentes locais da oligarquia mercantil, rival dos Coraixitas. Essa saída de Meca para Iatrib se denomina *Hégira* (emigração, passagem, expatriação), sendo o marco inicial da cronologia muçulmana (16 de Julho de 622 do Calendário Juliano)[215]. Rapidamente, Maomé se transformou no líder máximo da cidade, estabelecendo um regime teocrático

---

[214] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*
[215] HELLERN, Victor et. al. *O Livro das Religiões.*

baseado na nova Fé. A cidade de Iatrib seria, mais tarde, chamada de Medina, a Cidade do Profeta. Utilizando-se dos beduínos como guerreiros, Maomé iniciou a luta (*Jihad*) pela expansão do Islã, conquistando Meca e outras regiões, convertendo tribos e impondo sua teocracia a toda a Península Arábica, de modo que, ao morrer (632), já havia unificado política e religiosamente toda a Arábia, onde a religião se tornara mais importante que os antigos laços familiares e tribais. Seus seguidores, os muçulmanos ou crentes, se encarregariam de espalhar as palavras sagradas de Alá, transmitidas pelo anjo Gabriel a Maomé, que as memorizou e as ensinou a seus adeptos.

Dois anos após a morte do Profeta, o Califa Abu Bakr ordenou que tais preceitos fossem coligidos, reunidos e escritos. Assim, o Corão (recitar, ler alto), com 114 versículos ou suras, é texto sagrado que forma um conjunto de normas morais e sociais. Trata-se de um ditado sobrenatural, da própria palavra de Alá, e não de uma obra escrita sob a influência divina, como a Bíblia. O Corão é, pois, não-criado. Além do Corão, o Islã dispõe, também, dos *hadits*, ou tradições, narrativas de preceitos e atos atribuídos a Maomé. Os *hadits* formam a Suna ou costumes, fonte jurídica e religiosa complementar do Corão.

Com a morte de Maomé, sem descendente varão, a liderança muçulmana passou aos Califas, ou sucessores, que não haviam sido designados pelo Profeta. A dissidência ocorreu por um desacordo de quem deveria ser o líder: a facção majoritária (sunita) defendeu que a liderança devia caber a quem de fato controlava o poder, enquanto os xiitas eram favoráveis a um descendente do Profeta, no caso Ali, primo e genro de Maomé. Com seu assassinato (Ali foi o quarto Califa), assumiram o Califado os Omíadas (Umaiadas) que mudaram a capital de Medina para Damasco, e, depois, os Abássidas, que transferiram o Califado para Bagdá, onde permaneceu por cerca de 500 anos. Com o surgimento do Império Otomano, o Califado foi exercido pelo último Sultão em Istambul, até 1924, quando o mundo islâmico deixou de ter um Califa como líder.

Os quatro primeiros Califas, chamados de Califas Piedosos ou Califas Ortodoxos, eram parentes ou companheiros de Maomé: Abu-Bakr (632-634), Omar (634-644), Otman (644-656) e Ali (656-661). Com exceção de Abu Bakr, os demais três Califas foram assassinados na luta pelo poder.

Nesse curto prazo de trinta anos (já unificada a Arábia por Maomé, desde 632), a expansão islâmica foi, inicialmente, orientada para atender às conveniências da classe mercantil urbana, interessada no comércio

internacional, cujos pontos-chave se encontravam na Síria, na Mesopotâmia e no Egito, regiões dominadas pelos bizantinos e persas. A propagação da fé islâmica seria consequência, uma vez que não havia obrigatoriedade de adesão ao Islamismo. Pode-se afirmar que a religião não era a razão das conquistas territoriais, mas ela foi essencial para a conservação e gestão desses territórios e povos conquistados[216].

A fraqueza dos adversários, que favoreceu tão fulminantes vitórias e tão rápida expansão, é explicada, por vários autores, como decorrência da falta de apego das populações aos regimes vigentes, da opressiva política fiscal e da intolerância religiosa dos persas e bizantinos, e das garantias dadas pelos árabes de respeito à vida, à propriedade e às Igrejas dos povos submetidos. Tais povos conquistados, de cultura superior à árabe, que já tinham algum conhecimento da cultura grega, através de obras traduzidas e da presença, em seus territórios, de refugiados cristãos e judeus, seriam os grandes responsáveis pela difusão, nesses primeiros tempos, da cultura helênica entre os árabes, que a admirariam e a assimilariam.

Os domínios islâmicos, além da Arábia unificada, passaram a incluir: ao Norte, a Palestina, com Jerusalém (637), a Síria (635) e a Armênia; a Oeste, o Egito (639-646); e a Leste, a Mesopotâmia (atual Iraque) e a Pérsia (637), com sua capital Ctesifonte, às margens do Tigre, o que levaria ao fim do Império Sassânida. O Califado, não-hereditário, assegurava o regime teocrático, sem uma classe sacerdotal organizada. No propósito de garantir a expansão e a coesão das tribos árabes, foi decidido que todo árabe convertido teria isenção de impostos, passaria a guerreiro ou funcionário do Islã, com direito a soldo ou salário[217]. Essa primeira fase foi, pois, de unificação e expansão dos domínios dos árabes e da propagação da fé. Nesse processo, subjugaram povos de cultura superior, mas souberam preservar esse patrimônio, como no caso da Pérsia.

3.3.2.2.2 Segunda Fase - Dinastia Omíada

Com o assassinato de Ali, a dinastia Omíada ou Umaiada dirigiria os destinos árabes de 661 até 750, sendo seu primeiro governante o Califa Moaviá (661-680), governador da Síria, que se insurgira contra Ali. A

216 BURLOT, Joseph. *La Civilisation Islamique.*
217 AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

Monarquia tornou-se, de fato, hereditária, a capital foi transferida de Medina para Damasco, o Califa continuou como chefe religioso, mas o Estado se laicizou, utilizando-se dos serviços dos indivíduos segundo sua capacidade, sem levar em conta sua etnia ou sua convicção religiosa. O predomínio político e econômico passou para os comerciantes sírios e para os árabes da Síria, que orientariam a nova onda expansionista para ampliar o controle das rotas internacionais do comércio com a Ásia central e o Mediterrâneo.

As novas conquistas foram: a Leste, o Afeganistão, o Turquestão e o vale do Indo; a Oeste, todo o Norte da África (670) até Ceuta (709) e o Sul da Península Ibérica, com a destruição do Reino dos visigodos (711). Apesar dos insucessos frente aos bizantinos, os árabes se apossaram de várias ilhas no Mediterrâneo (Chipre, Rodes, Malta, Baleares, Sicília, etc.), garantindo-lhes o controle do tráfego marítimo. Nesse processo de expansão, os conquistadores muçulmanos entrariam em contacto com várias culturas, as quais, em vez de serem perseguidas e destruídas, seriam assimiladas, incorporadas, em benefício do Islã. Os domínios foram divididos, administrativamente, em províncias, dirigidas pelos Emires, que acumulavam funções civis e militares. O árabe se transformou no idioma oficial. O sistema monetário foi uniformizado: o dinar de ouro e o direm de prata.

O crescente descontentamento e oposição dos persas e das oligarquias comerciais da Arábia à preponderância síria, além da rivalidade entre sunitas e xiitas, em matéria de controle do poder, levaria à queda da dinastia Omíada, cujo último Califa foi Marvan II. Ao final dessa segunda fase, o mundo árabe se encontrava espalhado em vasta área (Ásia, África, Europa) com um Estado mais bem estruturado e muito presente na vida diária da população. A religião e a língua mantiveram a unidade desse mundo esparso. A Arábia, berço da etnia, do idioma e da religião, já não tinha influência, nem expressão política, religiosa, econômica e cultural. O centro do mundo árabe islâmico se deslocara para Damasco, sede do Califado, estabelecendo contacto direto com culturas superiores (particularmente a grega), delas recebendo influência nos diversos campos (Filosofia, Ciências, Artes).

3.3.2.2.3 Terceira Fase - Dinastia Abássida

Abul al-Abbas, apoiado pelos persas e xiitas, foi o primeiro Califa da dinastia que teve seu nome (750-1258), ao derrotar e massacrar os Omíadas. Abd al-Rahman, que escapara do massacre, fugiu para a Península Ibérica e

aí organizou o Emirado de Córdova (756), preservando o poder dos Omíadas e sua independência frente à dinastia Abássida; o Emirado foi transformado em Califado (912), em total desafio à autoridade religiosa de Bagdá.

Grandes e importantes modificações ocorreram nesta fase[218]: i) Bagdá foi construída, e a capital transferida de Damasco para a nova cidade (768), que logo seria o maior centro urbano do mundo islâmico; ii) o Estado voltou a ter um caráter teocrático, ainda que tenha tido de enfrentar revoltas de adeptos de diversas seitas, e, a partir do século X, um cisma, com o domínio xiita em Bagdá, na Síria, na Mesopotâmia e no Egito; iii) crescente influência persa, fonte de rivalidade e de suspeitas por parte dos árabes; iv) no terreno social, o mundo árabe tornou-se muçulmano, uma vez que os privilégios políticos, financeiros, judiciais e militares passaram a beneficiar todos os fiéis do Islã (persas, turcos, curdos, berberes, mongóis, etc.) e não apenas os árabes; v) centralização e reorganização administrativa, com a decorrente pesada e onerosa carga burocrática; vi) criação do cargo deVizir, espécie de Primeiro-Ministro, com amplos poderes e responsável pela administração central. Em pouco tempo, se transformaram os Vizires nos verdadeiros detentores do poder, em detrimento da autoridade do Califa; vii) alteração no poder e autoridade do Califa, chefe espiritual sem poder político, mantendo-se isolado na luxuosa e requintada corte, com funções protocolares, aparecendo em público nos dias festivos; viii) no campo econômico, decréscimo da atividade agrícola, em vista de uma série de problemas advindos das guerras contra turcos, mongóis, bizantinos, cruzados e revoltas populares. A falta de inovação técnica comprometeria o desenvolvimento econômico. A Mesopotâmia e a Síria, no passado exportadores de cereais, teriam seus canais e sistemas de irrigação prejudicados e afetados. O mesmo ocorreu em outras regiões, como o Egito e o Norte da África. O comércio era a grande atividade urbana; ix) no campo cultural, grande interesse pela cultura grega (Filosofia, Ciência), cujas grandes obras foram traduzidas para o árabe. O período entre os séculos IX e XIII foi de grande atividade cultural, particularmente no campo científico, a qual seria apenas condicionada aos limites impostos pela religião; x) formação de um exército de elite (Guarda Pessoal do Califa) integrado por turcos da Ásia central, que se envolveriam, em pouco tempo, na política. A partir de 945, os Califas já não exerceriam efetiva autoridade, reféns virtuais da guarda palaciana e do Vizir.

---

[218] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

Nesta fase, a grande extensão territorial dos domínios Abássidas facilitaria o desenvolvimento do comércio intrarregional (Bagdá, Damasco, Beirute, Medina, Meca, Cairuão, Cairo, Samarcanda, Bucara, Merv, Nishapur, Córdoba, Toledo, Sevilha, etc.) e internacional, agindo os árabes como intermediários entre o Oriente e o Ocidente (Aden, Basra), a Ásia e a África (Damasco, Jerusalém, Fustat, Alexandria), a Europa ocidental e o Império Bizantino. Mercadorias, técnicas e culturas seriam propagadas do oceano Índico ao Mediterrâneo e do mar Negro ao oceano Atlântico. Esta grande atividade comercial estimularia o aumento da produção econômica, inclusive a artesanal, e a difusão de técnicas e produtos, antes de consumo restrito. Tapetes, veludos, sedas, porcelanas, perfumes, joias, armas cinzeladas, vasos de vidro e de metais, objetos de couro, móveis trabalhados, tecidos de algodão, objetos de marfim, especiarias, de grande procura pelas aristocracias da Europa, Ásia e África circulavam através do mundo árabe[219].

Com os Califas al-Manzur (754-775), al-Mahdi (775-785), Harun al-Rachid (786-809) e al-Mamum (813-833) se criaram as condições para o florescimento (séculos IX-XIII) de uma cultura (Arte, Filosofia, Ciências, Literatura), cuja maior e decisiva influência estrangeira seria a da civilização helênica, além da persa, da hindu e da chinesa. Tal cultura, resultante de tão diversas influências e fruto de movimento intelectual (não se pode deixar de mencionar o mutazilismo[220], doutrina defensora do racionalismo em assuntos de fé) seria, em um Estado teocrático, necessariamente condicionado pela religião oficial.

No campo artístico, as principais expressões foram na Arquitetura (palácios, mesquitas, minaretes, pátios interiores, arcos de ferradura) e na decoração abstrata (arabescos), uma vez que a proibição religiosa de reproduzir a figura humana limitaria a Pintura e a Escultura. A Literatura, em prosa e verso, foi muito cultivada, principalmente os gêneros de novelas e poesia. O *Corão*, *As Mil e Uma Noites* e *Rubayat* evidenciam o alto valor literário alcançado. Na Filosofia, as obras dos principais autores gregos (Demócrito, Platão, Aristóteles, Epicuro, Plotino) foram traduzidas, estudadas, comentadas, e no futuro, viriam a ser difundidas na Europa ocidental. Wasil ben Ata, al-Kindi, al-Farabi, Avicena (Ibn Sina), al-Gazzali, Ibn Tufayl e Averróis (Ibn Rushd) foram importantes pensadores que buscaram conciliar

---

[219] ROBINSON, Francis. *Atlas of the Islamic World.*
[220] BURLOT. Joseph. *La Civilisation Islamique.*

as verdades da Religião com o Racionalismo, a Lógica e a Ciência gregas, harmonizar a ortodoxia islâmica com o conhecimento pagão. Desenvolveram-se, no campo científico, estudos centrados na Astronomia e na Matemática, de muita utilidade para a fixação das datas e cerimônias religiosas. A Alquimia despertou grande interesse, limitando-se, contudo, a experiências sem qualquer progresso conceitual. A Medicina foi muito influenciada pela Medicina grega, mas a proibição de dissecação limitaria os avanços na Biologia.

Diante dos parcos e limitados progressos no campo das ciências e em outros setores, o conhecimento adquirido, inclusive pelo intercâmbio comercial, não se traduziu em desenvolvimento da técnica e dos meios de produção. Dado o sistema escravagista, não havia problema de oferta de mão-de-obra para as atividades econômicas. Em consequência, não houve incentivo para melhorar a produtividade do trabalhador ou investir em inovação técnica, não ocorrendo, assim, Revolução técnica na Sociedade árabe-islâmica.

Com a ocupação de tão vasta região, outrora centro das civilizações mesopotâmicas, persa e egípcia, os novos habitantes se limitaram a utilizar os equipamentos e instrumentos, sem necessidade de aperfeiçoá-los. Nada foi inventado ou desenvolvido. Torno, alavanca e outros equipamentos não foram objeto de inovação, enquanto a foice e o arado, por exemplo, continuaram como os da época da Mesopotâmia e do Egito antigos. A Sociedade muçulmana foi incapaz de desenvolver uma indústria, permanecendo sua produção em nível artesanal[221].

Durante a dinastia Abássida, o Império se fragmentaria, devido, em parte, ao maior interesse político e econômico de Bagdá pela Ásia, relegando o Norte da África e a Península Ibérica a um segundo plano, em parte, por uma estrutura política e administrativa incapaz de enfrentar as sucessivas ondas invasoras e conflitos (turcos, mongóis, bizantinos, Cruzadas), em parte pelos problemas internos político-social-religiosos (rivalidades entre etnias e entre sunitas e xiitas) e em parte pela perda real e efetiva do poder temporal do Califa para sua Guarda Imperial, para os Vizires, apoiados pelos turcos, e para os Emires nas províncias, com autonomia político-militar.

Assim, secessões e perdas territoriais agravariam a estabilidade e colocariam em risco a própria sobrevivência do Califado de Bagdá: Califados (Córdova – 912, Fatimida – 909), dinastias independentes no Marrocos (Idrísida –788), na Tunísia (Aglábida –799) e na parte oriental da Pérsia

[221] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques* .

(Safáridas – 867, e, depois, os Samânidas – 875), conquista pelos Buídas (xiitas) da parte ocidental da Pérsia, e, depois, em 945, do próprio Iraque, e pelos Hamdanidas da Síria e parte da Mesopotâmia. No século XI, os turcos Seljúicidas ocupariam o Norte da Síria, a Anatólia, parte da Pérsia e Bagdá, caindo o Califado sob seu protetorado. Toledo, na Espanha, foi conquistada por Afonso VI, de Castela (1085); Córsega e Malta, em 1090; a Sicília, em 1091; Jerusalém, em 1099 (pelos Cruzados). No Egito instalou-se a dinastia dos Aiúbidas (1160-1260), cujo maior dirigente foi o famoso Saladino (1174-1193), que reconquistou Jerusalém e expandiu seus domínios pela Síria e Palestina. Córdova, em 1236; Valença, em 1238 e Sevilha em 1248 foram capturadas por Castela, e ainda no século XIII, os mongóis, liderados por Hulagu, neto de Gengis Kan, tomaram Bagdá e depuseram o último Califa Abássida, al-Mustasim, em 1258, criando o Sultanato de Bagdá, mas sem poder efetivo[222].

Essas ondas invasoras dos séculos XI e XIII deixaram um triste rastro de destruição e morte. Populações foram dizimadas (em Bagdá, 2 milhões de muçulmanos foram massacrados pelos mongóis), instituições culturais e científicas, laboratórios, mesquitas, infraestrutura de cidades, palácios e propriedades foram queimados, professores e sábios foram perseguidos. Foi estimada em mais de um milhão de livros científicos e obras artísticas a quantidade queimada em praça pública em Granada (1492 em Vivarrambla). O patrimônio cultural ficou seriamente comprometido, sendo uma das causas da decadência cultural e científica do mundo árabe islâmico nos séculos seguintes.

3.3.2.2.4 Quarta Fase - Decadência e Fragmentação

Com o fim da dinastia Abássida, o domínio mongol na Ásia, através de diversos Kanatos (espécie de Reinos) e a ascensão dos otomanos na Anatólia transformariam os antigos domínios árabes em verdadeira colcha de retalhos. O mapa político da região se alterou substancialmente, à custa do Califado de Bagdá, que deixara de existir, com o fim da dinastia Abássida. O Sultanato de Bagdá já não teria autoridade sobre os antigos vastos domínios, agora ou independentes (Síria, Magreb) ou sob a dominação estrangeira (Sind, Anatólia, Armênia). A presença árabe na Península Ibérica chegaria ao fim em 1492, com a unificação espanhola. Um membro da família Abássida escapou para

[222] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Mundo Árabe Medieval.*

o Egito, onde, sob a proteção dos mamelucos, instalou uma dinastia desprovida de poder, mas que sobreviveria até a conquista otomana, em 1517[223].

O esfacelamento político-administrativo teria consequências negativas nos campos econômico e cultural. As atividades comerciais, antes o principal esteio econômico, declinariam; a agricultura, em crise havia muito tempo, não teria condições para se renovar e se modernizar; o artesanato continuaria a ocupar muita mão-de-obra, mas não seria suficiente para dinamizar a economia; o desinteresse pelo desenvolvimento técnico, inclusive a falta de sensibilidade para a sua importância, continuaria a ser a tônica de uma Sociedade conservadora, presa às tradições, imune à conveniência da introdução de reformas. O quadro cultural seguiu essa mesma tendência de decadência. Em todos os campos, inclusive o científico, houve uma sensível diminuição de atividades, ressentindo-se da falta de apoio e patrocínio oficial, como em determinadas épocas da dinastia Abássida.

Duas exceções a essa situação de declínio cultural devem ser, contudo, registradas. A primeira, no século XIII, foi a construção, por Hulagu, em Maragha, capital de seu Império, de grande observatório, dotado de uma rica biblioteca e vários instrumentos de grande perfeição técnica; a segunda exceção foi o ressurgimento, por um pequeno espaço de tempo, de atividade científica em Samarcanda, em um centro de estudos (com um observatório) criado em 1420 por Ulugh Beg (1394-1449), neto de Tamerlão (Timur). Assassinado pelo próprio filho, Ulugh Beg reinou no Império Timurida apenas dois anos, não tendo tido sua obra científica apoio dos seus sucessores. Al-Din al-Kachi, astrônomo e matemático, foi o primeiro diretor desse centro, sendo seu sucessor o também astrônomo e matemático Zada al-Runi. Depois desse curto período de interesse e apoio à Ciência, nenhuma outra manifestação de valor científico surgiu no mundo árabe islâmico até o final do século XV. Para muitos autores, a destruição do observatório de Samarcanda, em 1460, marca o fim definitivo da Ciência árabe islâmica e confirma seu declínio, que duraria até o século XIX, como salientaria o já citado Massignon.

3.3.3 Considerações Finais

Antes mesmo de florescer a civilização árabe islâmica, a região testemunhou, a partir do século VI, um surgimento cultural, em função de acontecimentos

[223] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

extraordinários no Império Bizantino. A Biblioteca e o Museu de Alexandria foram queimados pelos cristãos em 415, e fechadas a Academia de Platão e Escolas de Filosofia, em 529, a fim de destruir a cultura pagã. Os sábios e professores da Biblioteca, conscientes dos riscos e da vulnerabilidade da instituição, em vista das críticas, oposição e ameaças do Bispo Cirilo, de Alexandria, começariam a abandonar a cidade, levando consigo originais ou cópias de manuscritos do seu acervo. Por essa razão, o prejuízo do incêndio e saque daquele centro cultural, o maior da Antiguidade, não seria total, tendo sido possível preservar muitas obras do gênio grego. Neoplatônicos, perseguidos no Império Bizantino, procurariam refúgio no Império Sassânida, aumentando o fluxo de conhecimento grego para a região, com Gondechapur como centro.

Adicionalmente, cristãos nestorianos – seguidores de Nestório, Patriarca de Constantinopla, no século V –, condenados como hereges pelo Concílio de Éfeso, se refugiaram em Edessa, de onde contribuiriam para a preservação do conhecimento científico grego, através da tradução e da difusão de diversos trabalhos para o siríaco e o árabe. Fechada a Escola de Edessa, alguns nestorianos se transferiram para Gondechapur, grande centro cultural, onde continuariam a exercer suas atividades intelectuais, protegidos pela Igreja Cristã da Pérsia[224]. Outros cristãos ortodoxos deixariam contribuições relevantes para o surgimento futuro de uma cultura científica na região: Sérgio (século VI) de Ras el-Ain, sacerdote herege, traduziu para o siríaco trabalhos de Aristóteles, de Porfírio, de Galeno e outros; Severo, Bispo sírio (século VII), astrônomo, enalteceu a Ciência hindu, estudou os numerais hindus (arábicos) e o eclipse da Lua; Jorge, Bispo sírio (século VIII), escreveu sobre o calendário.

Assim, a Ciência grega, preservada pelos sábios de Alexandria e pelos nestorianos e outros membros da Igreja Ortodoxa, em Edessa e Gondechapur, encontraria, no Império Sassânida, terreno fértil para ser emulada. A Pérsia, que já fora helenizada por Alexandre, estaria, uma vez mais, sob o impacto da cultura grega. O Imperador Khoroes Anushirwan (531-578) estimularia a cultura, e homens de letras, sábios e astrólogos eram recebidos na corte, em Ctesifonte. Contactos diretos foram estabelecidos com a Índia, que durante o Império Gupta (do século III ao século VI) teve importante desenvolvimento cultural, no campo das ciências, particularmente na Astronomia e na Matemática[225].

[224] LEICESTER, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*
[225] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências.*

3.3.4 Política Científica

Nesse contexto, surgiram os árabes, em sua expansão avassaladora, ocupando a Mesopotâmia, a Armênia, o Império Sassânida, além do Egito, do Magreb e do Reino visigótico, no Sul da Espanha. Esse extenso mundo árabe, primeiro governado pela dinastia Omíada, e, depois, pela Abássida, serviria de refúgio para a conservação, o estudo e a difusão da cultura grega, que, por sua vez, seria a principal responsável, leiga e estrangeira, pelo surgimento da civilização árabe islâmica. Al-Rasi, um dos mais importantes pensadores e cientista árabe, defendia que o progresso científico só era possível seguindo o caminho dos Antigos, como que reconhecendo a inevitável dívida ao conhecimento passado na construção de uma Ciência contemporânea. Se bem que sejam patentes os legados persa, hindu e chinês, o conhecimento científico árabe não foi uma resultante de aportes de várias culturas, mas, indiscutivelmente, fruto do pensamento grego. Os diversos autores concordam com que a armadura do pensamento científico árabe seja totalmente grega. A Filosofia Natural, chamada de ciência estrangeira, permaneceria, no entanto, estranha, importada, à ortodoxia muçulmana, defensora das Ciências islâmicas, restritas ao estudo do Corão e das tradições do Profeta, ao conhecimento das leis, da teologia e da língua árabe; as madrasas, que se expandiriam a partir do século XI, se transformariam no principal centro de estudos do mundo islâmico, sem contribuir para o desenvolvimento do conhecimento da Filosofia Natural[226], a qual era entendida como irrelevante e perigosa para os propósitos do Corão.

Will Durant, citado por Giordani[227], explicou a penetração do saber helênico na região: "Os Califas compreenderam o atraso dos árabes na Ciência, na Filosofia e na riqueza da cultura grega que sobrevivia na Síria. Os Omíadas prudentemente deixaram intactos os colégios cristãos, sabeus e persas de Alexandria, Beirute, Antióquia, Harran, Nisibe e Yund-i-Shappur; e nessas escolas os clássicos da Ciência e Filosofia gregas foram estudados muitas vezes em traduções sírias... logo foram feitas traduções para o árabe por nestorianos ou judeus. Príncipes Omíadas e Abássidas estimularam esse empréstimo frutífero... enviaram mensageiros a Constantinopla e outras cidades helênicas pedindo livros gregos, especialmente de Matemática ou de Medicina...".

---

[226] OSTER, Malcolm. *Science in Europe 1500-1800.*
[227] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Mundo Árabe Medieval.*

Os Califas patrocinariam a cultura, favoráveis à disseminação de um conhecimento a serviço dos preceitos do Corão. Bagdá receberia sábios, literatos, homens da Ciência, filósofos, artistas, que trariam livros, documentos, saberes, experiência a um povo sem grande tradição cultural. Um primeiro grande hospital foi construído em Bagdá, segundo modelo do de Gondeshapur.

A figura-chave desse movimento, responsável pelo período áureo cultural (do século IX ao XII) da História do mundo árabe islâmico seria o Califa al-Mamum (785-833), quinto da dinastia Abássida e filho do famoso Harum al-Rachid, que inscreveu seu nome no século, como Augusto e Luis XIV[228]. Adepto da doutrina mutazilita[229], que fez adotar oficialmente em 827 (mas que seria rejeitada e perseguida a partir de 849, por sua interpretação de o Corão ter sido criado), pretendia reforçar e defender a fé com a utilização dos métodos gregos, ou seja, pelo Raciocínio e pela Lógica. Fundou, em Bagdá, a célebre Casa da Sabedoria (*Bayt al-Hikmah*), para a qual recrutou astrônomos, matemáticos, literatos, pensadores, médicos, tradutores, encorajando-os e financiando-os em seus trabalhos. Uma grande biblioteca foi construída, para a qual encomendou manuscritos de várias origens e procedência. A direção de tal estabelecimento foi dada ao árabe nestoriano Ibn Ishaq (808-873), médico real, que, ajudado pelo filho, sobrinho e outros, traduziu diversas obras gregas sobre Filosofia, Lógica, Medicina, Astronomia, Matemática, Botânica e Mecânica, de vários autores, como Platão, Aristóteles, Hipócrates, Ptolomeu, Porfírio, Rufo de Éfeso, Paulo de Egina e Galeno. Cristãos e judeus seriam contratados para o trabalho de tradução, como os cristãos Teófilo de Edessa, Yahya Ibn Batriq, Matta Ibn Yunus e Yahya Ibn Adi, entre outros. Al-Mamum chegou até a importar livros do Império Bizantino, como quando incluiu, no tratado de paz com o Imperador Miguel III, cláusula sobre a entrega de um exemplar (ou de sua cópia) de todos os livros gregos disponíveis. A maioria das obras traduzidas seria de Medicina, sendo noventa de Galeno, do grego ao siríaco e quarenta ao árabe, e de quinze de Hipócrates ao árabe. Hunayn e colaboradores traduziriam três diálogos de Platão (inclusive o *Timeu*), várias obras de Aristóteles, como a *Metafísica*, *Sobre a Alma*, *Da Geração e da Corrupção*, *Das Partes dos Animais* e parte da *Física*, o *Elementos*,

[228] ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de la Science.*
[229] BURLOT, Joseph. *La Civilisation Islamique.*

de Euclides, e o *Almagesto,* de Ptolomeu[230]. Tabit Ibn Qurra traduziria diversos livros de Matemática e Astronomia, inclusive obras de Arquimedes. Ao final do século X, obras de Medicina, Filosofia Natural e Matemática já estariam disponíveis, em versão árabe, nas bibliotecas de Córdoba, Cairo, Toledo, Bagdá e outros importantes centros do mundo islâmico. Foram construídos observatórios como incentivo ao estudo e à pesquisa astronômica, tendo sido elaborado programa de verificação dos dados do *Almagesto*, que culminaria com a preparação de novas Tabelas.

Essa política não seria alterada pelos sucessores de al-Mamum. Califas, sultões, vizires, emires e poderosos da corte dariam apoio e financiamento a esse esforço extraordinário, coordenado e de longo prazo para o desenvolvimento do conhecimento científico em seus domínios. Tratava-se de um verdadeiro Mecenato. Os já citados Paul Benoit e Françoise Micheau[231] sustentariam que o interesse dos príncipes pela Ciência não era passageiro, mas se inscrevia em um projeto político de aumentar o prestígio e o poder do Islã. A disseminação dos centros científicos ao longo desses séculos de apogeu comprova a determinação de priorizar o estudo da Ciência. Inicialmente restrito a Bagdá, nos séculos VIII e IX, outras cidades se notabilizariam igualmente: nos séculos X e XI, Sevilha, Córdoba, Cairuão, Cairo, Bagdá, Chiraz, Rayy, Isfahan, Bucara, Mossul, Alep e Damasco; nos séculos XII e XIII, Sevilha, Córdoba, Cairo, Damasco, Maragha, Bagdá, Tabriz, Cairuão, Gazna, Herat, Merv, Samarcanda e Alep, e nos séculos XIV e XV, Sevilha, Córdoba, Cairo, Damasco, Bucara, Samarcanda e Kuarismi, conforme listadas na mencionada obra de Michel Serres.

A política de encorajamento e de prestígio da Ciência, de proteção e patrocínio dos cientistas, pelos primeiros Califas Abássidas, em Bagdá, e dos Omíadas na Espanha e Marrocos, era apoiada pelos mercadores ricos e funcionários poderosos. O desenvolvimento das cidades e do comércio, com uma classe média cultivada e interessada na Ciência, permitiria o avanço das atividades científicas nesses primeiros anos de tolerância religiosa da civilização árabe. Nesses primeiros tempos, os sábios conseguiriam manter a religião incontroversa, sem interferir em suas investigações seculares. Com o decorrer do tempo, a deterioração econômica, a instabilidade política e o crescente

---

230 LINDBERG, David C. *Los Inicios de la Ciencia Occidental.*

231 SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências.*

desinteresse dos governantes retirariam o apoio necessário para o prosseguimento das pesquisas.

Os ortodoxos religiosos, sempre hostis à Ciência, se aproveitariam desse enfraquecimento para fazer prevalecer seus pontos de vista e sua oposição à especulação intelectual. A partir do século XII, a aversão à visão aristotélica prevaleceria, com os escritos do filósofo místico al-Razali, considerado o pensador mais influente da histórica intelectual islâmica[232]; o pequeno meio científico passaria a ocupar um espaço irrelevante na Sociedade muçulmana, com o abandono da política de al-Mamum e seus seguidores. A grande massa da população, que não se beneficiava dos estudos científicos e que não demonstrara, ao longo dos séculos, espírito crítico e inovador, permaneceria ausente e à margem dessa disputa, sem perceber seu significado e suas graves implicações. As perseguições a al-Kindi, al-Razi, Ibn Sina, Averróis e Omar Khayyam, por exemplo, são sintomáticas dessa hostilidade religiosa.

3.3.5 Características e Contribuições Científicas

De acordo com o historiador da Ciência, o francês Pierre Duhem, não existiria ciência islâmica, uma vez que os muçulmanos se limitaram a ser discípulos dos gregos, sem qualquer contribuição original à obra da cultura helênica. Essa tese, a de terem sido os árabes meros guardiões e transmissores da Ciência grega, sem terem acrescentado qualquer pensamento ou conceito relevante para o desenvolvimento científico, parece, hoje em dia, superada. Expressiva maioria, para não dizer consenso, dos atuais historiadores da Ciência defende terem os árabes estudado, interpretado e comentado o conhecimento recebido, e suas observações atestariam sua capacidade especulativa e criativa. A Ciência seria, assim, devedora de contribuições árabes. Ainda que algumas qualificações sejam normalmente aduzidas pelos diversos autores, o tom geral é de reconhecimento pelas atividades desenvolvidas nos vários campos da Filosofia Natural. A imensa dívida à cultura grega era reconhecida pelos próprios árabes, pois, como escreveria o matemático al-Kindi (século IX), teria sido impossível reunir todos os princípios de verdade que formam a base das inferências finais de investigação e que, por conseguinte, era necessário permanecerem fiéis ao princípio de registrar o que os antigos escreveram sobre o assunto e completar o que

[232] RUBENSTEIN, Richard E. *Herdeiros de Aristóteles.*

expressaram, de acordo com o uso da língua, costume do tempo e a própria habilidade; no século XI, o astrônomo e matemático al-Biruni declararia que a grande tarefa era continuar o que os antigos fizeram e tratar de aperfeiçoar o que poderia ser melhorado[233].

Algumas opiniões, a seguir, sobre o tema, ilustram a medida da contribuição árabe ao desenvolvimento científico.

Condorcet[234] escreveu que "... quando o tempo acalmou a febre do fanatismo religioso, o gosto pelas Letras e pelas Ciências veio misturar-se ao seu zelo pela propagação da fé, e temperar seu ardor pelas conquistas. Eles estudaram Aristóteles, do qual traduziram as obras. Cultivaram a Astronomia, a Óptica, todas as partes da Medicina e enriqueceram essas Ciências com algumas verdades novas... Ali as Ciências eram livres, e a essa liberdade eles deveram o fato de ter podido ressuscitar algumas centelhas do gênio dos gregos; mas eles estavam submetidos a um despotismo consagrado pela religião. Por isso, essa luz só brilhou alguns momentos, para dar lugar às mais espessas trevas; esses trabalhos dos árabes estariam perdidos para o gênero humano, se eles não tivessem servido para preparar esta restauração mais durável, da qual o Ocidente vai nos oferecer o quadro".

Pierre Rousseau[235] reconheceu o mérito de "inumeráveis homens de valor que, mesmo sem a grandeza de um Arquimedes, de um Hiparco ou de um Hipócrates, não se contentaram em salvar do naufrágio as riquezas da Ciência grega", mas as aumentaram. O idioma árabe transformou-se na língua da Ciência, mas se os sábios não foram criadores, eles tiveram a glória de nos haver transmitido as melhores obras dos povos que subjugaram: "dos gregos a Geometria e a Filosofia, dos egípcios a Alquimia, dos hindus o sistema decimal e dos babilônios a Álgebra".

Segundo Colin Ronan[236], "a região árabe tem sido considerada como um grande depósito destinado a armazenar resultados científicos que seriam conservados até que fossem requisitados para uso no Ocidente. Mas, naturalmente, trata-se de uma deturpação da verdade. Os árabes herdaram a Ciência grega... e mais tarde passaram-na para o Ocidente. Mas o papel deles não ficou restrito a essa função. Interpretaram a herança, comentaram-

---

[233] LINDBERG, David C. *Los Inicios de la Ciencia Occidental.*
[234] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*
[235] ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de la Science.*
[236] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

na e adicionaram análises valiosas e, acima de tudo, contribuíram significativamente com suas observações. A Arábia produziu algumas mentes científicas originais".

Na opinião de Taton[237], os árabes fizeram mais que transmitir a Ciência, pois exerceram espírito crítico e confrontaram os "conceitos gregos com a experiência". Somos devedores "na Astronomia, na Mecânica, na Química, na invenção de instrumentos úteis e, na Medicina, pelo desenvolvimento dos primeiros grandes hospitais".

Aquino[238], após argumentar que muitas invenções atribuídas aos árabes e por eles transmitidas aos ocidentais, foram, na realidade, criações de outras sociedades, como o papel, a pólvora, a bússola e o astrolábio da China, e os algarismos arábicos e a Álgebra da Índia, concedeu aos árabes o mérito de torná-los conhecidos na Europa ocidental, e mencionou contribuições na Matemática, na Geografia e na Medicina.

Segundo Louis Massignon, citado por Giordani, o respeito pela obra científica dos gregos não fixou a inteligência dos sábios árabes numa atitude de veneração passiva.

Joseph Burlot, na já citada *La Civilisation Islamique*, concordou com as opiniões acima, ao afirmar que "a Ciência árabe fez progredir a Ciência grega. Os sábios são, inicialmente, tradutores, mas eles ultrapassam as traduções com seu espírito crítico. Eles verificam, comentam e finalmente vão mais longe. Eles desenvolveram a observação científica, classificaram, inventariaram e multiplicaram as descrições precisas".

Diante desses atestados, há que convir ser a maioria dos comentários positiva e significativa quanto à contribuição árabe islâmica para o progresso científico, tanto ao preservar e comentar a Ciência grega quanto ao pesquisar e elaborar novos estudos nos diversos campos.

Nesse contexto, e para completar o quadro, impõem-se as seguintes considerações: i) o ambiente intelectual proporcionado a partir da Casa da Sabedoria foi resultante do interesse da classe dirigente em utilizar a Ciência como instrumento de poder e como meio de apoio aos preceitos islâmicos; ii) a liberdade intelectual era, contudo, condicionada por uma limitada tolerância religiosa. A Filosofia, defensora do total acesso ao conhecimento científico (al-Kindi, al-Rasi, Ibn Sina, Averróis), e

[237] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[238] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

questionadora de dogmas, viria a ser contestada e seria banida, oportunamente, do cenário árabe; iii) a Ciência não seria, nos primeiros tempos, objeto de críticas ou perseguições dos defensores da fé, na medida em que era utilizada como instrumento da religião. Não haveria, ou não surgiria, uma contradição entre Ciência e Fé. A herança grega, ainda que pagã, bem como outras, seria aceita sem despertar objeções ou suspeitas, o que viria a permitir um conhecimento científico superior, à época, ao da Europa ocidental; iv) tal conhecimento, contudo, não gerou inovação tecnológica, não desenvolveu um espírito científico, não foi incorporado pela Sociedade, não resistiu à desintegração do Califado Abássida. Não ocorreu nenhuma Revolução científica. Nenhum benefício significativo foi, assim, transferido para o mundo árabe islâmico; em consequência, v) a vantagem, ao menos aparente, sobre o conhecimento científico europeu, no período compreendido entre os séculos IX e XIII, não se sustentaria a, partir da assimilação, pela Europa, da Ciência grega, transmitida, em parte, pelos escritos árabes, traduzidos pelos centros de tradução na Península Ibérica e na Sicília; vi) as disciplinas mais cultivadas foram, sem dúvida, a Matemática, particularmente a Álgebra, a Trigonometria, e a Astronomia, com atentas observações e registros astronômicos. A Medicina despertou, igualmente, grande interesse, sendo objeto de muitos estudos[239].

Dessa forma, é necessário enfatizar que o conhecimento por si mesmo nunca foi aceito pela doutrina islâmica, mas admitido, com reservas, e apenas por alguns séculos, por sua utilidade, o que significava importante obstáculo para a assimilação, pela cultura islâmica, do caráter lógico e racional do ensinamento pagão helênico. A Verdade revelada pelo Corão era transmitida oralmente, o que exigia uma completa fidelidade no processo de sua transmissão; o conhecimento da Filosofia Natural grega dependia, ao contrário, da palavra escrita, e estava sujeita a interpretações e críticas, prática avessa ao Islamismo. A falta de apoio das instituições culturais à apropriação do espírito científico e à disseminação da Filosofia Natural, devido às resistências da ortodoxia religiosa, explica, em parte, o declínio da Ciência no mundo islâmico, no século XIII e nos seguintes[240].

---

[239] RONAN, Colin. .*História Ilustrada da Ciência.*
[240] LINDBERG, David C. *Los Inicios de la Ciencia Occidental.*

3.3.6 Difusão e Intermediação da Filosofia Natural Grega

Para os propósitos deste Capítulo sobre a Ciência no mundo árabe islâmico, é suficiente constatar o inevitável interesse que seus conhecimentos científicos despertariam em outras sociedades limítrofes, como a hindu e a europeia. No caso particular da Europa ocidental, em evidente inferioridade nesse campo, a influência desses conhecimentos, recebidos, em parte, desde fontes árabes, seria decisiva para a sua recuperação cultural.

Datam do século X os primeiros contactos, ainda que restritos, entre as duas culturas, sendo que autores indicam Gerbert d'Aurillac, Papa Silvestre II, desde 999, como conhecedor da Ciência árabe e um dos primeiros a estabelecer, na Catalunha, contactos com interlocutores e laços epistolares com homens de Ciência árabes. A mais antiga cópia de manuscrito, em latim, em que aparecem algarismos arábicos, data de 976, de um convento no Norte da Espanha[241]. Astrolábios, desconhecidos, até então, no Ocidente, foram mencionados em documentos do fim do século X e início do século XI; Gerbert teria adquirido um na Espanha. Uma obra volumosa, de autoria de Constantino, o Africano (convertido ao Cristianismo (fez-se monge em Monte Cassino)), escrita entre 1065 e 1085, era tradução de tratados gregos e árabes, ensinados em Cairuão; difundida pela Escola de Salerno, serviu de base para o ensino médico na Europa por vários séculos[242]. A passagem da Sicília, em 1194, para os domínios do Imperador Frederico II, e de Toledo, em 1085, para os espanhóis, serviria como estímulo adicional para maior aproximação intelectual entre os mundos grego, latino e árabe. As traduções se sucederam, do árabe para o latim e, depois, do original grego para o latim, tanto de obras gregas (Aristóteles, Hipócrates, Ptolomeu, Euclides, Apolônio, Galeno e outros) quanto árabes (al-Khwarizmi, Avicena, Averróis).

Desta forma, do século X ao XII, os árabes serviram de intermediários entre a Ciência grega e o Ocidente. Por eles passou a grande massa de textos que, no século XII, estiveram na base da renovação intelectual do Ocidente. Essa transmissão abrangeu diversas disciplinas: Matemática, Astronomia, Mecânica, Óptica, Medicina. Ao mesmo tempo, a tradução de obras árabes trouxe ao Ocidente conhecimentos que não constavam do saber helênico, como numeração decimal, procedimentos algébricos e elementos

[241] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História da Ciência.*
[242] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História da Ciência.*

trigonométricos, na Matemática, e investigações no campo da Alquimia. Como transmissores de conhecimentos orientais (China, Índia), principalmente hindus, os árabes prestaram uma contribuição adicional ao desenvolvimento científico ocidental.

A renovação de mentalidade nos círculos intelectuais na Europa, ao final do século XIII, seria, assim, devida, em parte, ao papel significativo da redescoberta da Filosofia e da Ciência gregas, via tradução de obras árabes, nesse processo.

3.3.7 Desenvolvimento das Ciências

Dos diversos ramos da Ciência, a Matemática e a Astronomia foram, definitivamente, as mais cultivadas, em vista do entendimento de que seriam úteis e convenientes para a prática religiosa. A fixação de calendário e a determinação exata do momento do nascer e do pôr-do-sol, para fins de oração, seriam motivos suficientes para uma atenta observação dos astros e para a elaboração de acurados cálculos matemáticos. Das Ciências exatas, a Física não registrou nenhum progresso, não tendo suscitado maiores interesses, a não ser a Óptica, pesquisada isolada e solitariamente por apenas um grande cientista. A Medicina foi extensamente praticada, inclusive com a elaboração de tratados, a construção de hospitais e seu ensino em escolas especializadas; no entanto, a Biologia não avançaria além dos conhecimentos recebidos dos gregos, hindus e outras culturas. A Alquimia gozaria de prestígio na sua busca da transformação dos metais em ouro, e alentaria a experimentação, método necessário para o desenvolvimento futuro da Química.

Ao longo desse Período Histórico, vários cientistas, de origem árabe ou persa, mas integrantes do mundo árabe islâmico, se notabilizariam por suas contribuições para o desenvolvimento da Ciência. Em seu apogeu, essa cultura científica se encontrava em um estágio superior ao da Europa ocidental, que ainda não dispunha de centros de estudo e de homens de Ciência do gabarito dos encontrados nos domínios árabes.

3.3.7.1 Ciências Exatas

Bagdá foi o primeiro grande centro científico do Califado, onde, nos séculos VIII e IX, se desenvolveram importantes trabalhos em Matemática, Astronomia e Física. As influências gregas e hindus seriam notórias. Em poucos

decênios foram traduzidos para o árabe *Elementos* de Euclides, parte das obras de Arquimedes, as *Cônicas* de Apolônio, as obras de Menelaus, Teodósio, Herão, Ptolomeu, Diofanto e outros. Aristóteles deu aos árabes o conjunto do conhecimento filosófico e científico grego. Adicionalmente, influências de culturas locais, como as do Egito, da Pérsia e da Mesopotâmia, colaborariam nos estudos científicos árabes. Os trabalhos na Matemática decorreriam do grande interesse árabe pela Astronomia. Para Massignon[243], com tais antecedentes os árabes foram capazes de elevar a um grau superior os procedimentos de cálculo e de algorítmos aritméticos, algébricos e trigonométricos; a Geometria avançaria com os estudos sobre a teoria das paralelas, bem como os métodos infinitesimais.

Os principais estudiosos da Escola de Bagdá (Casa da Sabedoria) foram al-Khwarizmi, o astrônomo al-Fargani, al-Hasib, os três irmãos Banu Musa, Thabit Ibn Qurra, Abul Wafa, al-Kuhi e al-Karkhi. Damasco seria, também, importante centro de estudos. Abu Raihan al-Biruni trabalhou em Bucara e Gazna, Omar Khayyam em Bucara e Isfahan, Abu Kamil, Ibn Yunus e Ibn al-Haytham, no Cairo. Com a conquista de Bagdá (1258) pelos mongóis, Hulagu construiu em Maragha, sua nova capital, um observatório, dirigido por Nasir al-din al-Tusi; mais tarde, Ulugh Beg fundaria, em Samarcanda, importante centro de estudos, inclusive um enorme observatório, cujos principais cientistas foram al-Kashi e al-Rumi. Ainda que as Ciências exatas não tenham tido, no Califado de Córdoba, o mesmo sucesso que em outras partes do mundo árabe islâmico, a Península Ibérica teve um papel saliente na propagação dos conhecimentos matemáticos e astronômicos na Europa medieval.

3.3.7.1.1 Matemática

3.3.7.1.1.1 Aritmética

Antes do século IX, os algarismos eram escritos por palavras ou letras, a exemplo dos gregos, que utilizavam as 28 letras de seu alfabeto. No início do século IX, os sábios de Bagdá adotaram o sistema de numeração decimal de posição, de invenção hindu, se bem que a designação dos números por palavras ou letras continuaria a ser utilizada nos manuais de Aritmética até o final da Época medieval. A propagação e o aperfeiçoamento da aritmética

[243] TATON, Henri. *La Science Antique et Médiévale.*

decimal, baseada no princípio da posição, seriam grandes realizações da Ciência árabe, que muito facilitariam os cálculos e as operações. O primeiro trabalho conhecido sobre o princípio de posição pertenceu a al-Khwarizmi (780-850, matemático, astrônomo), que descreveu o sistema de numeração de nove figuras, símbolos dos números 1,2,3...9, e de um pequeno círculo, correspondente ao zero. São os chamados números arábicos. A palavra algoritmo deriva do nome desse grande matemático árabe, que também se dedicou à Astronomia. O filósofo al-Kindi (801-873, Óptica, Medicina, Matemática) escreveu sobre os números hindus; al-Biruni escreveu o livro *Índia*, divulgou a cultura hindu, inclusive o princípio posicional na numeração; Thabit Ibn Qurra (Astronomia, Geometria) estudou a teoria dos números; e o físico al-Samawal (século XII) estudou os números negativos, sendo capaz de subtrair números de zero. Abul Wafa (Geometria, Trigonometria) escreveu um livro de Aritmética prática *Um livro sobre o que é necessário na Ciência da Aritmética para escribas e homens de negócios*. Al-Battani (850-929, Aritmética, Trigonometria, Astronomia), além de seus trabalhos em Trigonometria, introduziu o uso de sinais em cálculos. Al-Kachi, no século XV, como diretor do observatório de Samarcanda, introduziu metodologia para lidar com frações decimais e escreveu *Chave para a Aritmética*.

3.3.7.1.1.2 Álgebra

Se os árabes não inventaram a Álgebra, souberam desenvolvê-la, tornando-a importante técnica para o progresso da Matemática. As principais fontes utilizadas pelos árabes seriam hindus, chinesas e gregas. Em seu *Compêndio sobre os cálculos Al-jabr e al-muqabala*[244], do qual derivou o termo álgebra, al-Khwarizmi explicou como reduzir ou simplificar, através dessa técnica, qualquer problema a uma das seis formas padrão de equações ou equações canônicas de 1° e 2° graus (moderna simbologia):

i) $ax^2 = bx$ ii) $ax^2 = c$iii) $bx = c$
iv) $ax^2 + bx = c$v)$ax^2 + c = bx$vi)$bx + c = ax^2$

A Álgebra de equações de 2° grau seria, mais tarde, desenvolvida por Abu Kamil, que escreveu, inclusive, um Tratado. Equações de 3° e 4° graus

[244] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

seriam estudadas por algebristas, como al-Kharki, al-Mahani, al-Khazin, Ibn al-Haythan (965-1040, Óptica, Matemática), al-Biruni (973-1048, Astronomia, Matemática), Omar Khayyan (1044-1123, Matemática, Astronomia, Poesia), que escreveu *Álgebra*, onde tratou de equações de 3° grau, al-Kashi, al-Tusi (1201-1274, Astronomia, Geometria) e outros[245]. O físico Ibn al-Samawal (século XII) escreveu *O Deslumbrante*, onde explicou a multiplicação e a divisão de potências. Na teoria dos números, sem grandes progressos, os nomes de al-Kamil (números inteiros de equações indeterminadas) e Thabit Ibn Qurra (836-901, Astronomia, Matemática, números amigáveis) devem ser lembrados. O último representante da Matemática árabe seria Abul al-Qalassadi (século XV) que, além de escrever um *Tratado de Álgebra*, divulgou muitos símbolos algébricos.

3.3.7.1.1.3 Geometria

Dos vários ramos da Matemática, a Geometria foi a que menos se desenvolveu na civilização árabe. A Geometria grega teve grande influência, como atestam as traduções de al-Kindi da obra de Arquimedes (*A Medição do Círculo*) e de Ibn Qurra das obras de Euclides, Apolônio e Arquimedes. Al-Jawari (800-860) escreveu *Comentários sobre os Elementos de Euclides*, bem como o astrônomoal-Khayyami (989-1079), e Ibn Qurra, o primeiro grande matemático árabe, descreveu as relações entre quantidades geométricas, discutiu a questão de onde, se acontecesse, as linhas paralelas poderiam encontrar-se, e escreveu *Livro de Dados*, muito popular no final da Idade Média europeia[246]. Al-Tusi (1201-1274, Astronomia) estudou, igualmente, a teoria das paralelas de Euclides, cujas pesquisas viriam a ser conhecidas no Ocidente. Os irmãos Banu Musa, no século IX, escreveram o *Livro sobre o cálculo das figuras planas e esféricas* e Abul Wafa (940-997), além da Trigonometria, trabalhou em soluções para problemas de duas ou três dimensões, usando apenas régua e compasso, e escreveu um livro de Geometria prática, intitulado *Um livro sobre o que é necessário na construção geométrica de um artífice*. No século XV, o astrônomo al-Kachi recalculou o valor de *pi (p)*, com 16 casas decimais.

[245] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[246] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

3.3.7.1.1.4 Trigonometria

A Trigonometria surgiu nos trabalhos de Astronomia de Alexandria (Hiparco, Ptolomeu) sob a forma de cálculo das cordas. Com base nos avanços helênicos no particular, os hindus introduziram o seno, o cosseno e o seno-verso, técnica que seria desenvolvida pelos árabes, em função do interesse pela Astronomia, a ponto de se "transformar em uma Ciência autônoma e diversificada", no dizer do já citado L. Massignon. As primeiras tabelas de seno foram preparadas (traduzidas para o latim por Adelardo de Bath) pelo famoso al-Khwarizmi, precursor também da Álgebra entre os árabes. Seu contemporâneo Habash al-Hasib (século IX) já tinha noções de tangente, cotangente, secante e cossecante. Os trabalhos astronômicos de al-Battani (858-929), principalmente o livro *Aperfeiçoamento do Almagesto*, significam importantes avanços no estudo das funções trigonométricas. Abul Wefa (940-998) projetou novas tabelas de senos para arcos variando de dez em dez minutos, introduziu o conceito de tangente de um ângulo e desenvolveu modos de resolver alguns problemas de triângulos esféricos[247] e Ibn Yunus (950-1009) concentrou-se na produção de tabelas de senos (até quatro casas decimais) e chegou ao teorema do seno. Al-Tusi, no século XIII, por seus estudos em Astronomia e Geometria, dedicou-se também à Trigonometria, tendo escrito o *Tratado do Quadrilátero Completo*, no qual desenvolveu todo o sistema trigonométrico, notadamente de Trigonometria esférica. Outro estudioso dessa técnica foi al-Kashi, no século XV, que calculou os valores dos senos, apresentou novas provas do teorema do seno, escreveu *A Chave da Aritmética* e um *Tratado sobre a Circunferência*.

3.3.7.2 Astronomia

No mundo científico árabe islâmico, a Astronomia ocupou lugar de primeira plana, servindo, inclusive, de elemento propulsor para o desenvolvimento de outras disciplinas, como a Trigonometria. O interesse muçulmano de se utilizar dos movimentos dos astros, do posicionamento das estrelas e de outros fenômenos naturais para fins religiosos e de culto, levou-os à atenta observação da abóbada celeste, com a preparação de tabelas (Zij) e mapas astronômicos. Havia, também, interesse em suas

[247] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

múltiplas aplicações práticas, como navegação no Índico. Daí o grande número de fabricação de instrumentos de observação e de locais especializados para a observação dos movimentos dos astros. Como se expressou al-Battani, a Astronomia seria a mais nobre, a mais alta e a mais bela Ciência. Apesar das intensas e extensas observações e da preparação de muitas Tabelas, as investigações levadas a cabo ao longo do período não tiveram o objetivo científico de esclarecer os fenômenos celestes, mas de constatá-los e de registrá-los. Não haveria, assim, progresso conceitual[248].

No século VIII, a Astronomia árabe foi influenciada pela hindu, mais precisamente pela obra *Siddhanta*, traduzida do sânscrito por Mohamed al-Fazari, filho do primeiro especialista na construção de astrolábio, mas cairia rapidamente sob a influência grega, desde que surgiram as traduções das obras dos astrônomos gregos, principalmente Hiparco e Ptolomeu.

O célebre Califa al-Mamum (813-833), responsável pela Casa da Sabedoria, mandou construir dois observatórios principais: um em Bagdá (Shammasiya) e outro em Damasco (Qasyun). Habash al-Hasib, Sanad Ibn Ali, al-Abbas e Yahya Ibn abi Mansur aí trabalharam, em atentas e contínuas observações da abóbada celeste para melhorar o trabalho de Ptolomeu e corrigir as coordenadas das estrelas. O resultado, em 829, seriam *Tabelas Astronômicas Verificadas*, pouco posteriores às Tabelas de al-Khwarizmi, feitas de acordo com a técnica hindu. Al-Farghani, que participara do trabalho em Bagdá, preparou novas Tabelas em 848, anexas a seu famoso *Elementos de Astronomia,* e comentou o *zij* de al-Khwarizmi. Todas essas importantes observações iniciais foram efetuadas com instrumentos da Antiguidade, como o astrolábio plano, esferas armilares, réguas paraláticas, clepsidras, dioptres, além do astrolábio esférico, inovação árabe dos primeiros construtores: Ibrahim al-Fazari, al-Nairizi, Jabir Ibn Sinan e Qusta Ibn Luqa[249]. O *Zij* (57 capítulos) de estrelas fixas (880-881) de al-Battani, considerado por muitos como o maior astrônomo árabe (sabeu, não era portanto muçulmano), catalogou 489 estrelas, utilizou método trigonométrico (e não algébrico como o *Almagesto*), alcançando maior precisão em seus estudos sobre os equinócios, além de demonstrar a alta qualidade dos instrumentos de observação utilizados. Sua obra, traduzida para o latim, seria conhecida no

[248] PANNEKOEK, Anton. *A History of Astronomy.*
[249] TATON, Henri. *La Science Antique et Médiévale.*

Ocidente, por Copérnico, Galileu, Ticho Brahe, Kepler. O matemático Thabit Ibn Qurra (sabeu, como al-Battani) escreveu sobre Astronomia e relógios do Sol, tendo estudado os movimentos do Sol e da Lua.

No século X, Banu Amazur preparou Tabelas, bem como Abu Jafar e al-Khujandi, em Ray, e Ibn al-Alam e o matemático Abul Wafa (*Manual de Astronomia*), em Bagdá. Nesse Período, o grande astrônomo Abd al-Rahman al-Sufi, de Shiraz, escreveu *O Livro das Estrelas Fixas,* com a mais bela ilustração da Astronomia muçulmana; como esclareceu o citado Massignon, sua tabela de coordenadas e de grandeza das estrelas seria a única original entre a de Ptolomeu e a de Argelander.

Em 988 foi edificado, nos jardins do palácio real, em Bagdá, por ordem do Califa al-Dawla, um observatório mais imponente e superior que os construídos por al-Mamum, dirigido por al-Kuhi, tendo Abul Wefa aí trabalhado. O egípcio Hasan Ibn Yunus (959-1009), um dos mais eminentes astrônomos árabes, preparou, no Cairo, tabelas astronômicas, chamadas *Tabelas Hakemitas* (81 capítulos), estudou os eclipses do Sol e da Lua e escreveu um guia astronômico para a determinação das horas de prece[250].

No século XI, Córdoba e Toledo se transformaram em importantes centros de observação astronômica, com Ibn Said, e, principalmente, com al-Zarqali (1028-1087), inventor de um novo tipo de astrolábio e autor das célebres *Tabelas Toledinas* (1080). O matemático al-Biruni (973-1048) e Ibn Sina (Avicena, 981-1037), renomado filósofo, matemático e médico, dedicaram-se, igualmente, à observação, tendo aperfeiçoado técnicas de medição. O grande físico Ibn al-Haythan (Alhazen, 965-1040) contestaria a teoria de Ptolomeu sobre o movimento da Lua, mas seus comentários não teriam repercussão na época. O famoso matemático e poeta Omar Khayyian (1044-1131) criou um calendário que apresentaria o erro de um dia a cada 5.000 anos, e produziu um *zij* (a maior parte do trabalho foi perdida), mas com a morte do sultão, seu protetor, em 1092, seria perseguido, acusado de ateísmo, pelo que seu observatório deixaria de receber o apoio para seu funcionamento[251].

Os mais conhecidos astrônomos do século XII foram o sevilhano Ibn Aflah, que escreveu *Uma Correção do Almagesto*; al-Khazini, que preparou um *zij* em Merv (1115/1116); al-Asturlabi, que preparou, também, um *zij*

[250] VERDET, Jean Pierre. *Uma História da Astronomia.*
[251] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

(Bagdá, 1129-1130); o filósofo e médico cordobês Ibn Ruchd (Averróis, 1128-1198), famoso no Ocidente por seus comentários sobre as obras de Aristóteles, que fez observações astronômicas e criticou os movimentos excêntricos de Ptolomeu; al-Bitruji (Alpetragius, ? -1204), que trabalhou em Córdoba, foi muito estudado no Ocidente (Alberto Magno, Roger Bacon, Robert Grosseteste), tendo procurado modificar o sistema ptolomaico de movimento dos planetas.

No século XIII, o acontecimento mais extraordinário, no campo da Astronomia, ocorreria com a conquista de Bagdá e o fim da dinastia Abássida, em 1258. O novo Imperador mongol, Hulagu, neto de Gengis Kan, mandou edificar, em 1259, em sua nova capital, Maragha (Azerbaidjão), um observatório que superasse, em qualidade, tamanho e instalações, todos os anteriores. O matemático e astrônomo iraniano al-Tusi (1201-1274), inventor do astrolábio linear, dirigiria a instituição até sua morte. Por aí passaram vários astrônomos, como al-Urdi, al-Qazwini, al-Maghribi e Abul Faraj, que colaboraram na elaboração das *Tabelas de Ilkhan*, provavelmente escritas em persa e depois traduzidas para o árabe. O observatório funcionaria até 1315.

A Astronomia teria um novo e efêmero ressurgimento no século XV, por obra de Ulugh Beg (1393-1449), neto de Tamerlão, governador do Turquestão e Imperador (1447) que, em 1420, mandou edificar, em Samarcanda, uma madrasa, ou instituto de altos estudos, onde a Astronomia era a principal matéria. Construiu no local, em 1424, um observatório em edifício de três andares, com um sextante gigante, o maior instrumento astronômico de seu tipo, com um raio de cerca de 40 metros, além de astrolábio e esfera armilar. O observatório produziu um *Zij* chamado *Tabela Gurgani*, muito preciso quanto aos astros, mas menos eficiente quanto às estrelas. Seu primeiro diretor foi o matemático persa al-Din al-Kachi, substituído, ao morrer, por Qadi Zada al-Runi, matemático e astrônomo turco. Com o desaparecimento de Ulugh Beg, a madrasa e o observatório entrariam em declínio, até sua destruição, no século XVI, por fanáticos religiosos.

Apesar do grande interesse e da proteção oficial à Astronomia, que possibilitaria seu desenvolvimento ao longo de vários séculos, a Astrologia também gozou de prestígio e difusão no mundo árabe islâmico. Califas chegaram a manter astrólogos na corte, como consultores. Se bem que o Corão não contenha, especificamente, sua proibição, o Islamismo, seguindo

a orientação do Profeta, condenava a Astrologia, por implicar em limitação do poder de Alá; os astros são obra divina, mas a predição, como base nos corpos celestes, não poderia ter caráter fatídico (Só Alá pode conhecer o futuro). A Astrologia mágica, cujo princípio era a vinculação de um planeta a metais e a signos zodiacais, o que lhes daria uma força sideral, era, assim, inaceitável, do ponto de vista religioso. A grande maioria dos astrônomos e sábios (Ibn Sina, al-Razi, Ibn Khaldun) criticava, também, essa prática pseudo-científica, introduzida pelo árabe al-Balkhi Abu Machar (século IX), conhecido no Ocidente como Albumasar.

3.3.7.1 Física

Das Ciências exatas, a Física foi a que menos se desenvolveu. Na realidade, a Óptica seria o único campo que despertaria interesse. Na Física, a grande e decisiva influência foi a grega, particularmente de Aristóteles, Arquimedes, Euclides, Ptolomeu e Herão de Alexandria. A aceitação indiscutível da Física aristotélica, em sua totalidade, seria a marca e o limite do conhecimento árabe, como a Hidrostática de Arquimedes; com a chancela do maior cientista da Antiguidade, não poderia ser objeto de refinamento e desenvolvimento. Do ponto de vista conceitual, nada foi acrescentado. A única área que motivaria um debate seria a Dinâmica de Aristóteles, que continuaria, entretanto, a dominar o meio científico árabe.

Eram conhecidas, desde Ibn Sina (Avicena), no século X, as críticas do grego bizantino João Filoponos (século VI) à Mecânica aristotélica, em especial à teoria do movimento forçado dos projéteis. O matemático, astrônomo e médico Ibn Bajja (1080-1138), conhecido no Ocidente como Avempace, desenvolveu o mesmo raciocínio que Filoponos, citando o movimento das esferas celestes como um exemplo de movimento com velocidade finita, na ausência de resistência. Tal posição foi conhecida, no Ocidente, pela obra do astrônomo al-Bitruji (?-1204), onde a palavra ímpeto aparece na tradução latina (1217) de Michael Scot.

No século XII, Abul Baraqat al-Baghdadi, em suas críticas à Física aristotélica, apoiou Filoponos e Avicena e sustentou a existência do vácuo. A polêmica surgiria com a oposição do conceituado Ibn Ruchd (Averróis) às teorias filopônicas, ao rejeitar a ideia de que o meio pudesse frear um movimento natural. Tal debate, que chegou ao conhecimento europeu no

final do século XIII, estaria na origem da teoria do ímpeto, de Jean Buridan (1300-1358)[252].

Tradutor de Arquimedes, o matemático Thabit Ibn Qurra (século IX) estudou a mecânica da alavanca e das polias, bem como os problemas relacionados com o peso e o uso da balança; escreveu, em consequência, obras sobre o princípio da balança e do equilíbrio dos corpos. O astrônomo al-Khazini (século XII) escreveu, igualmente, sobre pesos e pesagens, em especial em balança hidrostática.

Ibn al-Haytham (965-1040), conhecido como Alhazem, além de matemático, é considerado o maior físico do mundo árabe islâmico, por seus trabalhos nos domínios da Óptica. Tido como um dos precursores da Física moderna, representa al-Haytham o ponto alto da Física árabe, com seu célebre livro *Tesouro da Óptica*, onde, como tratado científico moderno de Física, usou uma orientação matemática e experimental, não citando autoridades, mas a autoridade da evidência empírica, e, inclusive, estudando o nervo ótico e sua conexão com o cérebro[253]. Sua conclusão de que a refração da luz é causada por raios luminosos que viajam a diferentes velocidades em materiais diferentes e suas leis de refração seriam usadas no século XVII por Kepler e Descartes, como registra o já citado Colin Ronan. A importância de al-Haytham é assinalada por Louis Massignon, quando afirma que sua contribuição foi a mais original e mais fecunda em Óptica até o século XVII, podendo ser, por isso, reconhecido como um dos principais representantes da Física teórica e experimental durante esse Período Histórico.

Ainda que seus trabalhos tenham alguns elementos gregos, Alhazem "rearranjou e reexaminou tudo, de forma a produzir resultados inteiramente novos", como suas teorias sobre a luz e a visão, continua Ronan. A luz seria algo emitido por todas as forças autoluminosas; seria uma emissão primária. Admitia, ainda, uma emissão secundária, proveniente de uma fonte acidental, cuja luz viajaria, como a luz primária, em linha reta, mas mais fraca, e em todas as direções. A luz parte, assim, do objeto, em linha reta, em direção do olho, e não ao contrário, como sustentaram Euclides, Ptolomeu e outros. Sua explicação da reflexão da luz permanece válida. Deve-se a Alhazem a introdução do conceito de raio de luz, e foi o primeiro a usar uma câmara escura. Descreveu al-Haytham as cores como sendo reais e independentes dos corpos coloridos

---

[252] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[253] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

luminosos, irradiando sua luz em todas as direções, em linha reta; as cores estariam sempre misturadas com a luz, e não seriam visíveis sem ela, ponto de vista que não é aceito hoje em dia. O chamado Problema de Alhazem, referente a espelhos esféricos, cônicos ou cilíndricos, cuja solução depende de equações do 4° grau, foi por ele resolvido mediante secções cônicas[254].

Outros cientistas incursionaram na área da Óptica, mas sem a profundidade e a originalidade de al-Haytham: al-Tusi (século XIII) comentou a Óptica de Euclides e estudou os fenômenos da reflexão e da refração; seu discípulo Quth al-din fez a primeira tentativa para uma explicação racional do arco-íris pela reflexão e refração sucessivas nas gotas d'água; al-Qazwini e al-Qarafi também estudaram esse fenômeno, e Kamal al Din al-Farisi (?-1320) divulgou e comentou a obra de Alhazem, defendendo ser finita a velocidade da luz e inversamente proporcional à densidade ótica dos meios atravessados.

3.3.7.2 Ciências Naturais

Sob este título estão englobadas a Alquimia, a Geografia, a Mineralogia, a Botânica, a Zoologia e a Medicina, disciplinas que tiveram um tratamento próprio, do qual derivaria um desenvolvimento diferenciado. O exame da Alquimia árabe não significa dar-lhe um *status* de Ciência, mas no contexto da História da Ciência é conveniente verificar sua contribuição, no campo experimental, para o desenvolvimento da Ciência química a partir do século XVII, com o francês Nicaise Lefebvre, o alemão Johann Glauber e o inglês Robert Boyle. Como no campo das Ciências exatas, a influência grega foi marcante e decisiva, mas não excludente de outras culturas (a persa e a hindu, por exemplo).

A falta de progresso nas Ciências naturais indica, por um lado, desinteresse, por motivos religiosos; por outro, mostra insuficiência de espírito crítico; e por outro, ainda, revela seu caráter de disciplinas auxiliares da Agricultura e da Medicina. Essas disciplinas científicas tiveram, assim, para os árabes, um caráter prático, utilitário.

3.3.7.2.1 Alquimia

O primeiro contacto dos árabes com a Alquimia data do final do século VII, com a conquista do Egito, particularmente de Alexandria (642), ainda

---

[254] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

importante centro cultural grego, que mantinha uma tradição de estudos e experimentação alquímica. Textos seriam traduzidos do grego para o siríaco, e depois, para o árabe, por cristãos gregos nestorianos refugiados em Edessa. Ainda que seja nebulosa a História da Alquimia nesse período inicial, alguns nomes, como o de Jafar al-Sadiq e Dhu al-Nun, são mencionados[255] por autores árabes. Os teólogos islâmicos, em geral, eram críticos da Alquimia e de outras Ciências ocultas, mas um grande número de médicos e filósofos cientistas a aceitava, ainda que com algumas restrições.

O maior nome da Alquimia árabe, e que teria grande influência no Ocidente, foi Jabir Ibn al-Hayyan (721-815), conhecido também como Geber, autor de *Livros das Balanças*, no qual defendeu que se devia reduzir todos os fenômenos da natureza a leis de quantidade e de medida. Geber é considerado como pioneiro na fabricação do álcool. Com base na doutrina do hilemorfismo, de Aristóteles – quatro elementos (ar, água, terra e fogo) e quatro qualidades (frio, quente, seco e úmido) –, e na crença da possibilidade da transmutação dos metais, al-Hayyan dividiu os minerais em três grandes categorias: os espíritos (substâncias que se volatilizam), os metais (substâncias fusíveis, que se deixam martelar) e os corpos (substâncias, fusíveis ou não, que não se deixam martelar e se pulverizam), como explicam os já citados Paul Benoit e Françoise Micheau[256]. Foram, assim, introduzidos os conceitos de volatilização, fusão, martelagem e pulverização, que seriam fundamentais na futura evolução da Química. Existiriam cinco espíritos – o enxofre, o arsênico, o mercúrio, o amoníaco e a cânfora – que compõem todos os corpos minerais Os metais, formados pelo enxofre e pelo mercúrio, seriam em um total de 7: chumbo, estanho, ouro, prata, cobre, ferro e mercúrio. A esses metais corresponderiam, respectivamente, Saturno, Júpiter, Sol, Lua, Vênus, Marte e Mercúrio. Como escreveu Geber, “foi com a ajuda desses elementos que Deus criou o Mundo superior e o Mundo inferior. Quando existe equilíbrio entre as suas naturezas, as coisas subsistem a despeito do tempo, sem serem consumidas pelos dois luminares (o Sol e a Lua), nem enferrujadas pelas águas do charco; tal é o ouro que a natureza fez amadurecer e purificar em todas as suas partes, sem ter drogas, análises ou afinação”[257].

---

[255] LAFONT, Olivier. *De l'Alchimie à la Chimie.*
[256] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências.*
[257] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências.*

Além dessa influência dos astros, haveria, também, uma relação numérica entre os metais, teoria que para muitos autores mostraria influência do pensamento pitagórico. Quando aplicadas aos metais, cada uma das quatro qualidades devia ser dividida em quatro graus, e cada grau em sete partes, perfazendo o total de 28, número igual ao das letras do alfabeto árabe. Haveria, também, quatro naturezas, que poderiam ser expressas pela série 1, 3, 5, 8, que totaliza 17, chave para o entendimento da estrutura do Mundo[258]. A numerologia de al-Hayyam seria desconsiderada no futuro (al-Rasi).

A transmutação dos metais básicos em ouro seria possível, sempre que alterando corretamente a proporção de suas substâncias. A pedra filosofal (agente espiritual) e o elixir completam o quadro estrutural da Alquimia árabe, que serviria, igualmente, de base da Alquimia ocidental, muito difundida na Idade Média e com seguidores até o século XVII. Para muitos autores, sua característica particular era a de que, apesar de se ter levado ao misticismo e à superstição, reconheceu e afirmou al-Hayyam a importância da experimentação, antes de qualquer outro alquimista.

A citação de Charles Singer, por Horta Barbosa, completa esses comentários: "Estas ideias, por absurdas que nos pareçam, não são mais do que as de muitos químicos do século XVIII. Lastimável foi, porém, que, em Alexandria, onde mais floresceram os estudos alquímicos, as tendências místicas, de origem neoplatônicas, reduzissem o interesse pelo método experimental. Em consequência, a Alquimia que, em mãos de Geber, fora objeto de investigação experimental, degenerou nas de seus sucessores, que a transformaram em práticas supersticiosas"[259].

Vários cientistas árabes islâmicos se envolveram com a Alquimia, como Ibn al-Wahshiya (século X), Abu Bakr Zakariya al-Rasi (864-930), al-Farabi (870-950), al-Majriti (? -1007), al-Khati (século XI), al-Tughrai (?- 1122), al-Jildaki (século XIV) e al-Iraqi ((? - 1360). Desses, menção especial deve ser feita ao persa al-Rasi (Filosofia, Medicina, Astronomia), espírito crítico, experimentador, o mais liberado das influências religiosas, místicas, astrológicas e mágicas, autor de *O Livro de Segredo* e de *O Livro de Segredo dos Segredos*. Al-Rasi procurou desmistificar a Alquimia, descreveu vários processos químicos, como a destilação e a calcinação, classificou as substâncias em "reinos" (animal, vegetal e mineral) e se interessou pela

---

[258] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[259] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

aplicação dos compostos químicos na Medicina (a tradição lhe atribui o pioneirismo da aplicação medicinal do álcool). Para muitos autores, com al-Razi se iniciaria a "protoquímica". Al-Farabi trabalhou na busca do "elixir da longa vida" e escreveu sobre a Alquimia. No século XI, al-Kathi escreveu um útil guia sobre os aparelhos alquímicos. Avicena (*O Livro da Cura, Cânone da Medicina*) e al-Biruni (*O Livro do Grande Conhecimento das Pedras Preciosas*), ambos dos séculos X-XI, não devem ser considerados como alquimistas, mas escreveram incidentalmente sobre assuntos relacionados com a Alquimia.

3.3.7.2.2 Geografia

A pesquisa científica geográfica organizada se iniciaria ao tempo de al-Mamum, na Casa da Sabedoria, com al-Fargani (860- ?), que divulgou a Geografia de Ptolomeu, e al-Khwarizmi (770-840), que escreveu *Livro sobre a forma da Terra* (superdimensionou-a, dando-lhe uma circunferência de 64 mil km). A Geografia, no entanto, não avançaria, na medida em que seus estudos e observações se limitariam, em grande medida, ao mundo árabe, deveriam estar a serviço do Islã e repousariam em informações e relatos de viagens, muitas vezes de mercadores e de peregrinos, sem habilitação para tal empreendimento. Tais relatos seriam a matéria-prima da geografia árabe.

O principal geógrafo árabe seria al-Masudi (875-956), que viajou extensamente pelo vasto mundo árabe, pela Índia e pela África oriental; foi um escritor prolífico, mas apenas dois trabalhos seus não se perderiam. Tentou al-Masudi imprimir uma visão científica e objetiva; não acompanhava a orientação islâmica de colocar a geografia de acordo com os preceitos do Corão; enfatizou o ponto de vista de que a Geografia afetava a vida animal e vegetal, e não aceitou a tese de Ptolomeu de uma terra incógnita no Sul. Outro importante geógrafo árabe foi Abu al-Idrisi(1201-1254), que viajou também extensamente pelo mundo árabe (mas também visitou a França, a Inglaterra e a Itália), preparou mapas, com os acidentes geográficos indicados em relevo, e elaborou compêndio geográfico com mapas setoriais. O geógrafo Sakariya al-Qazmini, do século XIII, escreveu várias obras sobre Geografia, e foi o primeiro a explicar corretamente o arco-íris. A Geografia seria, assim, ao longo de todo o período, uma atividade secundária, sem despertar maior interesse e sem utilizar uma base científica para seu desenvolvimento.

3.3.7.2.3 Mineralogia

Dadas suas implicações para a Alquimia, estudaram os árabes os minerais, principalmente as pedras preciosas. Usando-as como talismãs ou como detentoras de poder de cura, as pedras, como as plantas e os animais, teriam propriedades especiais. O matemático e astrônomo Abu Raihan al-Biruni (973-1048) escreveu a principal obra de Mineralogia árabe, um enorme compêndio intitulado *O Livro do grande conhecimento das pedras preciosas*.

3.3.7.2.4 Biologia

A Biologia, como Ciência, não foi objeto de estudos, nem de qualquer desenvolvimento em especial. Não havia interesse no conhecimento dos fenômenos e dos seres vivos, fossem do reino animal ou do vegetal, pelo que a Zoologia e a Botânica não seriam independentes. Os temas seriam tratados superficialmente e de maneira confusa, em relatos de viagens, ou de forma fantasiosa e fantástica, divorciada da realidade. Os diversos autores da História da Ciência ou mesmo da História da Biologia não registram progressos nem atividades dignas de reconhecimento póstumo. Ernst Mayr, em sua História da Biologia, assinalou que nada de importante em Biologia emergirá depois de Lucrécio e Galeno, até o Renascimento. Os árabes "pelo que me consta não fizeram qualquer aporte notável à Biologia". Isto é verdade, mesmo para dois grandes pensadores árabes, Avicena e Averróis, que, no entanto, mostraram algum interesse pela Biologia. Foi graças às traduções dos árabes que Aristóteles pôde ser, de novo, conhecido no mundo ocidental, e isto foi, talvez, a contribuição mais importante que os árabes fizeram à História da Biologia[260]. Mayr reconheceu, contudo, terem sido os árabes grandes experimentadores, podendo-se até admitir que eles lançaram as bases sobre as quais se edificaria, mais tarde, a Ciência experimental. Aristóteles, Teofrasto, Hipócrates, Herófilo, Erasístrato, Dioscórides e Galeno, figuras maiores da Biologia helênica, seriam os principais autores sobre os quais recairia o conhecimento biológico dos árabes.

Na Botânica, o estudo das plantas visava principalmente a sua aplicação na Agricultura e na Medicina. Jabir Ibn al-Hayyan (Alquimia) e Avicena

---

[260] MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*

(Medicina) trataram das plantas do ponto de vista de seu uso medicinal. Ibn al-Baytar (século XIII), na Farmacologia, fez extensa coleção de drogas, mas sem demonstrar espírito crítico. O matemático e astrônomo al-Biruni (século XI) fez algumas observações cuidadosas e minuciosas sobre plantas, inclusive sobre flores. Ibn Wahshiya e al-Hayyam trataram de tóxicos e venenos, área de influência dos persas e dos hindus. O astrônomo persa Abu al-Dinawari (815-895) escreveu o *Livro das Plantas*, uma das mais famosas e influentes obras islâmicas sobre o assunto. No total, a contribuição ao desenvolvimento da Botânica (já esboçada por Teofrasto) foi medíocre e irrelevante.

Na Zoologia, os primeiros estudos sobre os animais se concentraram nos cavalos e nos camelos, importantes para os homens do deserto. O *Livro dos Animais*, do filólogo Amr Ibn Bahr al-Jahiz (776-868), apesar da celebridade alcançada, não tem valor científico, é falho em observação e incoerente, contraditório e confuso em sua tentativa de classificação. A principal contribuição à Zoologia seria, no século XIV, de Kamal al Din al-Farisi que escreveu Livro sobre a vida dos animais, onde sistematizouos estudos prévios. A exemplo da Botânica, a Zoologia, que já fora objeto de estudos de cunho científico na antiga Grécia (Aristóteles, Teofrasto), se limitaria a um conhecimento superficial, sem nenhuma contribuição significativa para esse ramo da Biologia.

3.3.7.2.5 Medicina

A conquista do Império Sassânida colocaria os árabes em contacto direto com a Medicina persa; sob Kosroes (531-579), médicos gregos, hindus, judeus, sírios e persas transformaram Godeshapur em um grande centro médico, o mais importante de toda a região. O conhecimento adquirido da Medicina grega, através de obras traduzidas, faria a Escola de Galeno a mais influente no mundo árabe islâmico. Hipócrates, Herófilo e Erasístrato, precursores de Galeno, e os mais importantes representantes da Medicina clássica, seriam, igualmente, reverenciados ao longo de todo o período áureo dessa cultura. A Medicina grega estaria sempre presente e nortearia os trabalhos e pesquisas, devido às dificuldades de desenvolverem tais atividades em Anatomia e Fisiologia, pela proibição da prática de vivissecção e dissecação. O conhecimento do corpo humano provinha dos gregos.

A Medicina prática evoluiu apesar da falta de embasamento teórico, o que reduzia a capacidade de diagnóstico e de terapia. O diagnóstico não tinha, assim, uma base anatômica e fisiológica sólida, o que se constituía em um ponto vulnerável da Medicina árabe. Banhos, xaropes e ervas medicinais eram as prescrições mais frequentes. A Farmacopeia de Dioscórides era o principal guia para os coletores de produtos de origem vegetal. Na cirurgia, os médicos árabes se revelaram, igualmente, fracos, com exceção das pequenas cirurgias, como a de catarata. A anestesia por inalação era utilizada, e o sono era provocado por meio do haxixe e de outras drogas.

Para muitos autores, a Medicina árabe não se desenvolveu devido à falta de pesquisa e estudos, inviabilizados pela incapacidade de se criar ambiente favorável para a Biologia. Cabe, contudo, registrar a construção de excelentes hospitais (Bagdá, Cairo, Damasco, Córdoba, Toledo, e outras cidades), com boa organização administrativa, em melhores condições de higiene e tratamento que os poucos hospitais medievais europeus. O médico-chefe e os cirurgiões davam lições aos estudantes e graduados, examinavam-nos e concediam diplomas. Médicos, farmacêuticos e barbeiros estavam sujeitos a inspeção. Os hospitais tinham uma seção para mulheres e outra para homens, cada uma com seu pavilhão e dispensário. Alguns hospitais possuíam biblioteca.

Na cronologia árabe, o primeiro nome a ser mencionado, em Medicina, é o do calígrafo Ali Ibn Rabban al-Tabari (838-870), autor da enciclopédia médica *Paraíso da Sabedoria*, com o conjunto das ideias fundamentais que nortearão a Medicina árabe. Ali Ibn al-Abbas (?- 994) é o autor da conhecida obra *O Livro Régio*, na qual apresentou uma rudimentar concepção do sistema capilar. Abu al-Qasim al-Zahravi, ou Albucasis (936-1013), é tido como pioneiro da cirurgia no mundo árabe.

O astrônomo e matemático al-Biruni (973-1048) contribuiria para a terapia médica com seu *Livro das Drogas*, no qual tratou de medicamentos, venenos, nutrição. O célebre Abu-Ali al-Hussain Ibn Sina (Avicena- 981-1037), chamado o Galeno islâmico, cuja obra principal *Cânone de Medicina* seria difundida no Ocidente, e seria a mais consultada nos domínios do Islã, seguiu a tradição médica helênica de Hipócrates e Galeno. Ibn Zuhr (Avenzoar-1091-1161) notabilizou-se na cirurgia. O filósofo e astrônomo Ibn Rushd (Averróis-1128-1198) contribuiu para a Medicina com sua obra *Generalidades sobre Medicina*. Ibn al-Nafis Damishqui (1213-1288), autor de *Livro Geral sobre a Arte da medicina* e de comentário sobre a *Natureza do Homem,* de Hipócrates, descreveu os vasos sanguíneos e sustentava,

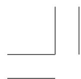
contra Galeno e Avicena, que o sangue circulava entre o coração e o pulmão. Como sua obra foi traduzida para o latim no início do século XVI, admite-se ter a obra de al-Nafis, em particular sobre a pequena circulação, influenciado Miguel Servet. Outro importante médico do século XIII foi Ibn al-Ouff, que escreveu uma série de livros de Medicina, organizou o maior texto árabe sobre cirurgia e estudou as válvulas cardíacas e os vasos capilares.

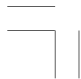
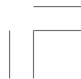
O maior médico do mundo árabe islâmico foi o filósofo persa Abu Bakr Muhamad Ibn Zakaryia al-Rasi (864-930), nascido na atual Rai, perto de Teerã. Um de seus grandes méritos foi o de ter tentado mudar o clima vigente prejudicial ao desenvolvimento da Filosofia e das Ciências. Seus esforços contra o regime teocrático islâmico seriam uma exceção que não poderia alterar uma situação que gozava de prestígio e de poder, inclusive da maioria dos intelectuais. Crítico da religião e descrente de milagres, considerava Hipócrates e Euclides mais importantes que os líderes religiosos, o que o tornou passível de perseguição, com a morte do Califa, seu protetor. Al-Rasi declarava que a religião era nociva, pois conduzia ao fanatismo, que provocava guerras religiosas. O livro *Os Truques dos Profetas* se perdeu[261]. Foi diretor-chefe do maior hospital de Bagdá e escreveu muitos manuais sobre Medicina. Uma de suas principais obras foi *O Livro Enciclopédico,* que abrangia mais de 20 volumes, mas de que só restam 10. São famosos seus estudos sobre o sarampo e a varíola, "obra prima de observação direta e análise clínica, primeiro estudo sobre doenças infecciosas", como escreveu Will Durant. Foi crítico de Galeno, tendo escrito *Dúvidas em relação a Galeno*. Al-Rasi é considerado por muitos como o mais importante e mais original médico do mundo árabe islâmico.

[261] Ronan, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

3.3.8 Quadro de cientistas Árabes Islâmicos

Jabir Ibn Hayyam (Geber)	721-815	Alquimia
Al-Khwarizmi	770-840	Matemática, Astronomia, Geografia
Amr Badr Al-Jahir	776-868	Zoologia
Ibn al-Kindi	800-873	Filosofia, Matemática, Óptica
Abu al-Dinawari	815-895	Botânica
Thabit Ibn Qurrah	826-901	Matemática, Astronomia, Mecânica
Ali al- Tabari	838-870	Matemática, Medicina
Al-Battani	858-929	Astronomia, Matemática
Al-Farghani	sec. IX	Astronomia
Al-Rasi	864-930	Medicina, Astronomia, Química
Al-Masudi	875-956	Geografia
Al-Sufi	903-986	Astronomia
Al-Abbas	? – 994	Medicina
Abu al-Zahravi (Albucasis)	936-1013	Medicina, Cirurgia
Abul Wefa al-Buzjani	940-997	Matemática, Astronomia
Ibn Yunus	sec X	Astronomia, Trigonometria
Ibn al-Haitham (Alhazem)	965-1040	Ótica, Matemática
Al Biruni	973-1048	Astronomia, Matemática, Medicina
Ibn Siná (Avicena)	981-1037	Medicina, Astronomia, Matemática, Filosofia
Al-Zargali	1028-1087	Astronomia (astrolábio)
Omar Khayyam	1044-1123	Matemática, Poesia
Ibn Zuhr (Avenzoar)	1091-1161	Medicina
Ibn Rushd (Averróis)	1128-1198	Medicina, Filosofia, Astronomia
Ibn Bajja (Avempace)	sec XII	Matemática, Mecânica
Al-Bitruji	sec XII	Astronomia
Al-Khazimi	sec XII	Astronomia
Al-Idisi	1201-1254	Geografia
Al Tusi	-1274	Astronomia, Geometria
Ibn Al-Nafis	1213-1288	Medicina
Ibnal-Ouff	sec XIII	Medicina
Al-din Al-Farisi	sec XIV	Matemática, Física, Zoologia
Ibn Khaldum	1332-1406	Filosofia, História, Sociologia
Al-Kashi	sec XV	Astronomia, Matemática



Capítulo IV - A Filosofia Natural na Europa Medieval

O desenvolvimento da Ciência na Europa, desde a submissão política da Grécia ao Império Romano até o final do século XII, corresponde a uma etapa de relativa estagnação cultural, com implicações diretas e negativas sobre a evolução do pensamento científico. Três contextos podem ser identificados, para efeito de análise: a Europa oriental grega e o Império Bizantino, até seu desaparecimento, em meados do século XV; o Mundo eslavo, até o século XV; e a Europa ocidental latina, do século IV até o final do século XII.

A Europa oriental grega e o Império Bizantino, beneficiados pela língua e território, mas distantes, culturalmente, da antiga civilização grega, se limitariam a preservar o patrimônio, sem acrescentar aporte significativo ao desenvolvimento da Ciência. O mundo eslavo, em fase de criação de sua própria escrita, não teria condições, igualmente, de cultivar a Filosofia Natural, tanto que a grande maioria dos livros de História da Ciência ignora essa etapa do desenvolvimento desse povo. Nos antigos domínios, na Europa ocidental, do Império Romano, o conturbado clima político, social e religioso não seria favorável ao desenvolvimento cultural e científico, uma vez que prevaleceria, como no mundo eslavo e no grego oriental e bizantino, o dogmatismo, impedindo o desenvolvimento da liberdade de pensamento e de expressão e impondo o monopólio do ensino. O espírito inquisitivo, racional, lógico e laico seria combatido, denegrido, perseguido,

impossibilitando e inviabilizando o desenvolvimento da Ciência. Apesar desse quadro geral negativo, foram registrados significativos avanços técnicos e sociais, pelo que a denominação de noite de mil anos, para caracterizar esta fase da história europeia ocidental, é absolutamente incorreta e imprópria.

Dessa forma, à civilização grega seguir-se-ia, na Europa, um longo período de estagnação, para não dizer de retrocesso, do processo evolutivo do pensamento científico. Uma vez que a nova e triunfante Teologia dava cabal explicação dos fenômenos naturais, a oposição à cultura pagã englobaria a Filosofia Natural, responsabilizada por distrair a atenção para assuntos subalternos, em prejuízo da concentração da mente e do espírito em temas verdadeiramente importantes, como a salvação da alma através da expiação dos pecados. A Revelação, ao se contrapor à Razão, significava, também, reconhecer a impossibilidade de o Homem agir sobre os fenômenos naturais. Sua impotência diante do inevitável e do inacessível tornava irrelevante e inútil, portanto, qualquer veleidade para entender os mistérios do Universo.

A implantação, consequentemente, de uma nova mentalidade, com prioridades voltadas para outros fins, teria, assim, um impacto inibidor no desenvolvimento científico nesses três contextos sob exame, o que permite agrupá-los neste Livro.

4.1 A CIÊNCIA NA EUROPA ORIENTAL GREGA E NO IMPÉRIO BIZANTINO

4.1.1 Introdução

O estudo e o conhecimento, no Ocidente, do Império Romano do Oriente e do Império Bizantino foram sempre prejudicados pela falta de informações adequadas e por preconceitos políticos e religiosos. A rivalidade entre as duas Igrejas cristãs, que resultaria no Cisma de 1025, o fracasso de algumas Casas reinantes da Europa ocidental de se estabelecer (através das Cruzadas) definitivamente nos domínios do Império Romano do Oriente (Império Latino de Constantinopla), o gradual, até o completo, afastamento do Império Bizantino da influência latina, a perda de seu território para os povos vizinhos (eslavos, búlgaros, húngaros, normandos) e o colapso de Constantinopla, em 1453, para os turcos otomanos, foram alguns dos fatores que determinaram o pouco interesse, no Ocidente, pela história e realizações culturais desse Império e uma avaliação bastante crítica de sua cultura. Hoje em dia, na realidade desde a segunda metade do século XIX,

há um maior interesse em conhecer a história desse Império, inclusive porque lhe são creditadas, como herdeiro, a preservação e a divulgação da civilização grega. O mundo bizantino nunca esteve privado das fontes originais da cultura grega clássica, em razão de uma barreira linguística, porém esteve tão distanciado das qualidades mentais e das características de personalidade do antigo povo grego que não pôde e não soube aproveitar o extraordinário acervo cultural.

Dois enciclopedistas expressaram, eloquentemente, o ponto de vista bastante crítico do Império Bizantino. Voltaire considerava a história bizantina uma coleção de declamações e de milagres, e mais ridícula que a de Roma, enquanto Condorcet escreveu: "No Oriente, reunido sob um único déspota, veremos uma decadência mais lenta acompanhar o enfraquecimento gradual do Império; a ignorância e a corrupção de cada século superar, em alguns graus, a ignorância e a corrupção do século precedente; enquanto as riquezas diminuíam, as fronteiras se aproximavam da capital; enquanto as revoluções eram mais frequentes, a tirania era mais vil e mais cruel... o povo se entregava mais às querelas teológicas: aqui elas ocupam um lugar maior na História, aqui elas têm mais influência sobre os acontecimentos políticos, aqui as divagações se apresentam com uma sutileza que o Ocidente invejoso ainda não podia alcançar, aqui a intolerância religiosa é igualmente opressora, mas menos feroz". Historiadores contemporâneos tendem, contudo, a ter uma opinião menos crítica do Império Bizantino, tanto do ponto de vista cultural, quanto do político e estratégico, por servir de anteparo para a Europa ocidental às frustradas invasões dos persas e dos árabes.

Para a História da Ciência, a contribuição da cultura dos Impérios Romano do Oriente e Bizantino ao desenvolvimento do espírito científico foi nula, dados os aspectos políticos, sociais, culturais e religiosos que condicionaram sua evolução. Os grandes centros de ensino e especulação filosófica, como a Biblioteca e o Museu de Alexandria, a Academia de Platão e outras instituições tradicionais da Grécia pagã, foram fechados, e seus ensinamentos, por contrários e perigosos à ortodoxia oficial, proibidos. As Ciências não foram cultivadas, nem priorizadas, não tendo surgido, ao longo dos mil anos de História, nenhum vulto do porte de um Hipócrates, de um Eratóstenes, de um Aristarco, de um Apolônio, de um Euclides, de um Arquimedes. Não ocorreria nenhum progresso no conhecimento científico, limitado ao estudo, por uns poucos, das realizações da civilização helênica.

Ainda que dominando territórios antes assimilados à cultura grega (Macedônia, Alexandria, Balcãs) e incorporando populações de língua

grega ou helenizadas, Constantinopla não foi, na verdade, herdeira da Grécia, nem sua sucessora ou sua continuadora, mas depositária, por uma contingência geográfica, das obras do gênio grego. A oportunidade de manter, divulgar e expandir a cultura grega (particularmente a Ciência) foi perdida, pois as favoráveis, mas fortuitas condições geográficas e linguísticas não foram suficientes para prevalecer, ante um clima político, social e cultural hostil. O desenvolvimento de um espírito científico seria contraditório com os objetivos do sistema político.

Seu mérito esteve limitado à preservação de muitos desses escritos, o que viria a permitir, quando divulgados, o surgimento da Ciência na cultura árabe e no futuro Renascimento europeu[262]. O êxodo de sábios nestorianos e neoplatônicos, com seus livros, para a Síria, a Pérsia e regiões árabes do Oriente Médio, por motivo de perseguições religiosas, explica a transferência e o ensino de conhecimento científico grego àqueles povos. A fuga de sábios bizantinos para o Ocidente, particularmente a Itália, por causa das Cruzadas, e, depois, pela queda de Constantinopla frente aos turcos, criaria condições para a futura retomada da cultura grega em certos centros da Europa ocidental. Pierre Rousseau é muito enfático sobre o papel de Constantinopla no desenvolvimento científico: “Esta civilização bizantina não mereceria nem mesmo ser mencionada se ela não tivesse servido de elo, de ponte, ou, para dizer melhor, de agente de transmissão entre a cultura antiga e a inteligência árabe, cujo papel deveria ser de comunicá-la à Europa”.

Como no caso da Europa latina, onde os conturbados séculos que se seguiram ao desaparecimento do Império Romano levaram ao esquecimento ou à proibição dos ensinamentos da cultura helênica, na Europa oriental grega, e durante o Império Bizantino, o monopólio da verdade oficial levou ao descaso e ao desinteresse pela Ciência e à oposição a qualquer forma de atividade intelectual que pudesse colocar em perigo os fundamentos do sistema autocrático e teocrático, aliás, de influência romana e oriental, mas não da Grécia, cujo regime democrático seria, igualmente, posto em esquecimento pelos Basileus e pelos Patriarcas.

É forçoso reconhecer, contudo, que, embora a posição oficial e dominante da Igreja fora de total oposição à cultura pagã, ao politeísmo e a qualquer manifestação religiosa não aprovada, parte importante da

[262] AQUINO, Rubim et al. *História das Sociedades.*

Literatura patrística (dos pais da Igreja, construtores da Teologia cristã), por influência, principalmente, do platonismo, procurou estabelecer um vínculo de subordinação da Filosofia Natural e da própria Filosofia com a Teologia[263], sem contestar a prevalência da Verdade revelada sobre a doutrina racional. Exemplos mais representativos da Patrística grega são: Clemente de Alexandria (150-215), autor da trilogia *Exortação, Pedagogo e Miscelânea*, seu discípulo Orígenes (185-254), autor de *Contra Celso*, e os Padres da Igreja da Capadócia, Basílio Magno (329-379), que escreveu *Hexamerão,* a respeito das sete Artes liberais; seu irmão, Gregório de Niceia (335-394); e Gregório Nazianzeno (330-390). Esse ponto está bem explicado por Taton[264]: "... uma das principais razões dessa indigência científica é a subordinação total à Igreja e a reação muito forte às doutrinas platônicas e neoplatônicas". Jaguaribe é da opinião de que a cultura bizantina "nos campos da Ciência e da Tecnologia era menos criativa que a cultura alexandrina. Sua principal limitação intelectual derivava de sua convicção de que os dogmas cristãos continham a verdade definitiva. Em muitas pessoas essa convicção gerava um forte sentimento contra o helenismo, que viam como a fonte do espírito pagão. Esse anti-helenismo cristão tinha como resultado uma atitude de desprezo da Cultura, levando ao misticismo dos monges ou à posição do senso comum, baseada na razão natural e alimentada pelos dogmas da religião... o temor do conflito com a Fé Cristã provocava uma reserva inibidora, que relativamente poucos pensadores bizantinos foram capazes de superar". Lindberg é da mesma opinião, ao explicar ser a Filosofia Natural pouco praticada no Império e no Ocidente, e compartilharem as Igrejas Romana e Grega a mesma determinação de subordinar a Ciência à Teologia e à vida religiosa.

Desta forma, relegada a Filosofia Natural a uma posição subalterna e a serviço da Teologia, não poderia haver contribuição significativa original oriental grega e bizantina para o desenvolvimento da Ciência; porém, não deve ser esquecido haver preservado, ainda que sem intenção, e por uma contingência geográfica, para a posteridade e para outras culturas, o conhecimento científico da Grécia Antiga.

---

[263] CLAGETT, Marshall. *Greek Science in Antiquity.*

[264] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

4.1.2 Considerações Gerais

No exame da cultura bizantina, devem ser considerados, de imediato, dois aspectos fundamentais, intimamente ligados, que deixaram marcas profundas em sua evolução: o primeiro é o sistema político absolutista, e o segundo é o regime teocrático. O absolutismo teocrático tudo controlava, desde as atividades diárias do homem comum até seu comportamento intelectual e religioso. Como teocracia, é compreensível ter sido inevitável a grande influência da classe religiosa e da religião nos assuntos de Estado e na vida diária da população. Esse aspecto esteve presente ao longo da História do Império, sendo, inclusive, uma determinante importante da evolução mental e intelectual do povo. O poder temporal e espiritual, de origem divina, se concentrava no Basileu, que era o Chefe do Estado e Chefe da Igreja, representante de Deus na Terra. A autoridade do Basileu era incontrastável, não havendo poderes concorrentes aos do Estado, tudo dependendo de Constantinopla. O Basileu concentrava e centralizava, assim, o poder do Estado, e poderia declarar, como Luiz XIV, que "o Estado sou eu". A herança romana e a influência oriental de um poder central forte e teocrático se mantiveram, mesmo quando a tradição grega passou a prevalecer, com a dinastia Heracliana.

A noção de Cidade-Estado fora substituída pela de Império, como a de cidadão pela de súdito. A manutenção de tão extenso Império sob um regime autocrático e teocrático só foi possível, contudo, na medida em que se apoiava na classe militar para enfrentar os inimigos internos e externos. A interposta resistência aos frequentes e violentos ataques dos povos vizinhos, interessados em terras e outros bens do Império, obrigou os governantes, dependentes dos militares, a conceder-lhes privilégios e propriedades, o que, por sua vez, viria a minar a autoridade do Basileu.

Diante das inúmeras e enormes dificuldades para gerir o Império, concessões ao longo da história bizantina foram outorgadas a militares (propriedades rurais, governos provinciais), à nobreza (cobrança de impostos, administração da justiça) e aos mosteiros (latifúndios, monopólio do comércio de ícones), vindo a se constituir em forças desagregadoras do poder central.

Assim, essa característica político-religiosa (absolutismo, governo centralizado, Império, teocracia) se afasta completamente da cultura grega, fazendo do Império Bizantino uma entidade política nos moldes romano e oriental.

É imperativo reconhecer, ainda, a condição de Bizâncio como centro conservador da cultura clássica, o que viria a permitir o surgimento da cultura árabe e o futuro Renascimento científico e artístico europeu. A preservação das obras gregas é da maior importância para a História da cultura humana, pois no Ocidente os conturbados séculos que se seguiram ao desaparecimento do Império Romano levaram à destruição, ao esquecimento ou à proibição dos ensinamentos da civilização helênica.

A heterogeneidade étnica e cultural, em tão vastos domínios, é compreensível, apesar da notória e determinante influência romana até o século VII ou até o final do reinado de Justiniano. Aos gregos e orientais helenizados (armênios, capadócios, semitas, egípcios) se juntariam, ao longo da história bizantina, outros povos, como os búlgaros, os eslavos, os russos, os turcos e os germanos, diversificando, ainda mais, a heterogênea população do Império. Não havia a nacionalidade bizantina. O latim, oficial (Código de Justiniano ou *Corpus Iuris Civilis*), seria gradualmente substituído pelo grego, idioma comum à população helenizada, distanciando o Império de suas origens romanas.

A própria estrutura e as denominações das instituições político-administrativas, calcadas na romana, seriam alteradas a partir das reformas do Estado na dinastia Heracliana, quando os imperadores passaram a usar o título grego de Basileu, introduziram, entre outras, nova divisão administrativa, o Tema, sob a chefia de um militar, denominado de estratego, cujo prestígio e poder cresceriam com o tempo, e oficializaram o grego como idioma do Império.

A evolução do processo econômico foi distinta da ocorrida na parte ocidental da Europa, retalhada em vários Reinos. Enquanto, no Ocidente, a economia sofreu um processo de ruralização, de redução da população urbana e de declínio do comércio e da indústria, o Império do Oriente manteve-se com suas características urbanas, com grande desenvolvimento do comércio e das manufaturas de luxo. Enquanto que nos Reinos do antigo Império Romano Ocidental ocorria a implantação do feudalismo e a substituição do trabalho escravo pela servidão, a transformação dos meios de produção no Império Bizantino, principalmente na região periférica de influência asiática (Egito, Síria, Palestina), foi mais lenta, permitindo a preservação da prosperidade econômica[265]. Deve-se assinalar que tais

[265] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

províncias orientais eram da maior importância econômica, dada sua condição de verdadeiro celeiro do Império. O feudalismo progrediria, contudo, a partir do século IX com o crescente predomínio da aristocracia, em detrimento dos pequenos proprietários, dos agricultores independentes e dos camponeses-soldados. Esse processo se acentuaria durante a dinastia dos Comnenos (1081-1185).

Constantinopla, por sua posição estratégica, se transformou, rapidamente, em importante centro comercial, atingindo, no século XI, a posição privilegiada de entreposto e intermediária do comércio internacional entre a Ásia (China, Índia, com suas especiarias, sedas, peles, pedras preciosas e outros artigos em falta no Ocidente) e a Europa, com seus portos de Veneza e Gênova. O Estado controlava o artesanato e mantinha o monopólio sobre o comércio; os grandes latifúndios, cujos proprietários não eram simpatizantes do poder imperial, foram prejudicados com o desenvolvimento da pequena propriedade, em geral dada em troca da prestação de serviço militar.

Assim, inicialmente de nítida influência latina, o Império Romano do Oriente transformou-se, a partir do século VII, em um Império Ortodoxo Grego do Oriente ou Império Bizantino, cuja unidade e integridade foram asseguradas pelo sistema político-religioso absolutista e teocrático. Fatores desagregadores, internos e externos, agiriam ao longo prazo, infligindo a perda gradual de seus domínios para os povos vizinhos (normandos, eslavos, búlgaros, húngaros, persas, turcos, árabes) e de sua posição de liderança, no comércio internacional, para Veneza. A decadência se acentuaria com a ocupação de Constantinopla, em 1204, pela Quarta Cruzada, que estabeleceria aí o Império Latino do Oriente, de curta duração (1204-1261), mas de graves consequências futuras.

A característica bizantina de concentrar os poderes temporal e espiritual na pessoa do Basileu, Chefe, assim, do Estado e da Igreja, contrastava com a tradição e política da Igreja de Roma, favorável à separação do Estado e da Igreja. As diferenças e as divergências entre as duas Igrejas seriam fatores da maior relevância na evolução política, social e cultural do mundo europeu nos séculos vindouros, tanto mais que a religião tinha um papel decisivo na vida dos governantes e dos súditos.

A controvérsia e o eventual cisma surgiram com a decisão da Igreja Romana de transformar o Bispo de Roma em Papa, e, como tal, sucessor de Pedro, sem a devida aquiescência do Basileu, que se intitulava Chefe da Igreja. Além do mais, Roma se considerava católica, isto é, universal, com

jurisdição, inclusive, sobre os Patriarcados de Constantinopla, Anatólia, Jerusalém e Alexandria.

Desde o século V até o cisma definitivo, de 1054, eram bastante difíceis e conturbadas as relações entre os Papas e os Patriarcas, como indicam alguns incidentes[266]: i) crise, e cisma, entre 405-415, pela deposição de S. João Crisóstomo, e sua reabilitação pelo Papa Inocêncio I; ii) cisma de 484-519, pela deposição do Patriarca Acácio (também excomungado), que pretendia independizar-se de Roma e controlar as Igrejas Orientais (Alexandria, Anatólia, Constantinopla e Jerusalém); iii) novo cisma, de 640 a 681, por motivo doutrinário; iv) o Sínodo de Trulo (691), que pretendeu ditar normas a Roma; v) rupturas, em 731-787 e 815-841, por causa do iconoclasmo; vi) o cisma de Fócio (863-867), motivado por sua indicaçãopara substituir o destituído Patriarca Inácio; vii) recusa (1024-1032) do Papa João XIX em conceder o título de Patriarca Ecumênico ao Patriarca de Constantinopla; viii) fechamento, em 1043, pelo Patriarca Miguel Cerulário, de todas as igrejas e conventos latinos de Constantinopla. Finalmente, em 16 de julho de 1054, com a excomunhão do Patriarca de Constantinopla, ocorreria a ruptura definitiva entre as duas Igrejas, sendo Papa Leão IX, Patriarca, Miguel Cerulário, e Basilessa, Teodora. Como causas adicionais do cisma podem ser citadas a interferência dos Basileus na direção da Igreja, a restauração do Império Romano do Ocidente (Carlos Magno, ano 800), a aliança dos papas com os francos, a diversidade de organização e de disciplina eclesiástica, de práticas litúrgicas, de doutrinas e de conceitos teológicos.

Além das dificuldades das relações entre a Santa Sé e Constantinopla, as divergências religiosas (doutrina trinitária, questão cristológica, iconoclasmo) dentro do Império Bizantino eram graves, pois envolviam, também, divergências políticas. O arianismo, o monofisismo, o nestorianismo e o monotelismo seriam interpretações doutrinárias sobre a divindade de Cristo, que viriam a ser declaradas heresias em concílios para tanto convocados: Niceia (325), que condenou o arianismo; Constantinopla (381), que condenou o macedonismo (do bispo Macedônio, de Constantinopla) sobre a negação da divindade do Espírito Santo e a primazia do Bispo de Roma sobre os patriarcas orientais; Éfeso (431), que condenou o nestorianismo e confirmou Maria como a mãe de Deus; Calcedônia (451), que condenou o monofisismo e reafirmou em Cristo uma pessoa com duas naturezas; Constantinopla (553),

[266] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Império Bizantino.*

que reafirmou a condenação do nestorianismo; Constantinopla (680-681), que condenou o monotelismo e terminou com a controvérsia cristológica (sobre a natureza de Cristo); Niceia (787), que regulamentou o culto das imagens, as relíquias e a intercessão dos santos; Constantinopla (869-870), que reafirmou a primazia dos papas.

O Basileu Leão III, em 726, proibiu, por motivos políticos, econômicos e religiosos o culto de imagens (ícones) e determinou sua destruição, por considerá-lo como idolatria, e proibiu outras práticas consideradas pagãs (queima de incenso, iluminação de círios, crença em relíquias). Como os ícones eram produzidos e comercializados pelos monges, Leão III determinou, ainda, o confisco dos bens dos mosteiros e a redistribuição das terras entre os soldados. O Papa considerou a proibição das imagens como herética, e condenou as medidas contra os monges. A questão iconoclasta aprofundaria as divergências com o Papado, a qual seria solucionada, em 842, pela Basilessa Teodora, que revogou as leis iconoclastas e restabeleceu o culto das imagens.

Se já eram difíceis e complexas as relações entre as Igrejas Romana e Ortodoxa, e entre o Basileu e o Patriarca, de um lado, e o Papa, do outro, a situação adquiriria maior gravidade no final do século XI, quando o pedido de Alexis Comneno ao Ocidente, de ajuda nos seus combates para manter os limites de seu Império foi interpretado como uma solicitação para liberar Jerusalém, que caíra no poder dos muçulmanos. Os Cruzados perpetraram atrocidades contra indefesas populações bizantinas, saquearam e ocuparam Constantinopla, criando, em 1204, o Império Latino do Oriente, além de expulsar os infiéis de Jerusalém e ocupar Antióquia e outras áreas na Ásia Menor. O virtual desaparecimento temporário do Império Bizantino, por obra de Reinos ocidentais agindo com o apoio da Igreja de Roma, tornaria caóticas as relações entre as duas Igrejas cristãs. Os historiadores citam esses acontecimentos como uma das causas diretas do enfraquecimento político e econômico do Império Bizantino e de seu colapso final, dois séculos depois.

4.1.3 Síntese Histórica

Para os propósitos de exame do progresso da Ciência no Império Bizantino, não há necessidade de grande detalhamento de sua evolução político-administrativa, tanto mais que aspectos relevantes dessa evolução já foram abordados em partes anteriores deste estudo. Sendo suficiente assinalar, em grandes traços, determinados acontecimentos e tendências que tiveram

impacto no desenvolvimento do Império, pode-se dividir a história bizantina em cinco grandes períodos: o de formação e desenvolvimento – de 395 a 565; o das grandes guerras – de 565 a 867; o da consolidação, expansão e prosperidade – de 867 a 1025, o de enfraquecimento e decadência – de 1025 a 1258 e o do declínio e colapso – de 1258 a 1453.

Em 395, Teodósio, diante das enormes dificuldades de governar seus extensos domínios, decidiu dividir entre seus dois filhos o Império Romano: a Honório coube a parte ocidental, com a capital em Milão, e a Arcádio, a parte oriental, com a capital em Constantinopla, que fora fundada por Constantino, em 330, exatamente para ser a capital do Império, em substituição a Roma. A História do Império Romano do Ocidente foi bastante curta (menos de cem anos), pois a partir de 476, com a queda de Roma e a deposição do último Imperador, Rômulo Augústulo, o Império foi retalhado e fragmentado em vários Reinos, como os dos francos, dos visigodos, dos ostrogodos, dos bretões, dos burgúndios, dos suevos, dos bascos, dos anglo-saxões e dos vândalos. Por seu turno, o Império Romano do Oriente foi capaz de enfrentar (algumas vezes com o pagamento de tributos) as migrações e as incursões dos bárbaros, de se consolidar como entidade política e de permanecer como potência regional até sua conquista final e definitiva pelos turcos otomanos, quando, em 1453, ocuparam a capital, Constantinopla.

Na partilha de 395, a Arcádio coube, na Europa, o vale do Danúbio, a Península Balcânica, as ilhas do mar Egeu e o litoral sul-oriental do Adriático; na Ásia, a Capadócia, a Síria setentrional, o litoral do mar Negro, a Ásia Menor, a Mesopotâmia; e na África, todo o Norte do Egito (Alexandria) e o litoral mediterrâneo da Cirenaica.

O primeiro Período, que correspondeu à criação do Império Romano do Oriente (395) até o fim do reinado de Justiniano (565), se caracterizou pela influência cultural e política latina. O poder central foi fortalecido, em detrimento da aristocracia, o Imperador assumiu a chefia da Igreja, que era dirigida por um Patriarca; foi, desta forma, instituído um regime teocrático absolutista. Surgiram, por essa época, os primeiros problemas no relacionamento entre o Papa e o Patriarca. Obra de grande significado e alcance foi o *Corpus Iuris Civilis*, código aplicável em todo o Império e que serviria de base para o Direito dos países latinos. O extraordinário esforço para reviver as glórias da antiga Roma e criar um grande Império teria um alto custo, pois com o erário arruinado e as fronteiras pressionadas,

Constantinopla entraria num período de crescente influência da casta militar, de forma a manter a coesão interna e a integridade territorial.

O segundo Período se estendeu desde a morte de Justiniano, em 565, até o final da dinastia Amória ou Frígia (867). Pertencem a esse Período Histórico a parte final da dinastia Justiniana e as dinastias Heracliana (610-717), Isáurica (717-802) e Amória (820-867), tendo se notabilizado os Basileus Heráclio (610-641) e Leão III (717-741). Esse período se caracterizou: i) pela substituição da influência latina pela grega, pela oficialização do idioma grego, pela alteração do título de Imperador para o de Basileu (Heráclio), ii) pelas controvérsias religiosas (heresias), movimento iconoclasta e questões de jurisdição entre a Santa Sé e Constantinopla, iii) pelas reformas do Estado (dinastia Heracliana) e pela criação dos Temas, governados pelos estrategos, reforçando o poder dos militares, iv) pela crescente pressão de diversos inimigos, em todas as frentes: lombardos na Itália, ávaros e eslavos nos Balcãs, persas na Ásia Menor, eslavos e búlgaros na região do Danúbio, árabes no Egito, na Síria, na Mesopotâmia, nas ilhas (Chipre, Rodes) mediterrâneas e no Sul da Península Ibérica. Para enfrentar tão formidáveis e numerosos inimigos, por tão longo período, os bizantinos desenvolveram excelente organização e técnicas militares, como a armadura completa e o famoso fogo grego (tipo lança-chamas, fabricado desde 678 – um líquido muito inflamável, mistura de nafta, resina ou enxofre era lançado sobre o inimigo), considerada a primeira arma química.

O terceiro Período correspondeu à dinastia Macedônica, desde seu início, em 867, até a morte de Basílio II, em 1025, sendo os séculos IX e X considerados como a segunda Idade de ouro e apogeu do Império Bizantino. Os mais importantes governantes foram os Basileus Basílio I (867-886) e Basílio II (976-1025), que reverteriam a sistemática perda de territórios com uma exitosa política expansionista. Constantinopla se firmaria como grande centro comercial e cultural. Reformas importantes de caráter financeiro e judiciário foram adotadas. Os pequenos proprietários foram favorecidos, em detrimento da nobreza feudal, enquanto o exército, verdadeiro sustentáculo do sistema imperial, aumentou seu poder político e econômico. No âmbito externo, Constantinopla estabeleceu uma aliança com a Rússia, ao mesmo tempo em que os búlgaros, os normandos e os lombardos foram derrotados, bem como os árabes, constante ameaça na parte oriental do Império. Ao fim do reinado de Basílio II, o Império gozava de grande prestígio, e sua autoridade externa havia sido recuperada.

O quarto Período (1025-1258) correspondeu a uma fase de acentuada decadência econômica, de crescentes conflitos sociais e revoltas populares, de descalabro administrativo e de virtual desaparecimento do Império. A Basílio I sucederam incompetentes e ineptos Basileus, o que acarretaria uma série de problemas sociais, políticos e econômicos, inclusive o cisma entre as duas Igrejas cristãs em 1054. A dinastia Ducas (1059-1081) foi fraca, sem condições de reverter um quadro de desagregação e decadência. Sob os Comnenos (1081-1185), os grandes latifundiários voltaram a recuperar poder e prestígio; o exército foi reformado, com a adoção do recrutamento militar de mercenários ocidentais (anglo-saxões, normandos, francos), cuja fidelidade ao Império era discutível; se sucederam violência e terror, como o massacre de estrangeiros, em 1183; as péssimas administrações estavam sujeitas à corrupção, à venalidade e ao favoritismo. Ocorreram as duas primeiras Cruzadas à Terra Santa para a libertação de Jerusalém, que se juntaram aos problemas seculares com outros povos, como os normandos, os eslavos, os russos e os turcos. Vantagens comerciais concedidas às repúblicas italianas (Veneza, Gênova) comprometeriam o futuro da economia e da marinha. A efêmera dinastia dos Angelos (1185-1204) sucumbiu à Quarta Cruzada, com o saque e ocupação de Constantinopla e a proclamação de um Imperador ocidental, Balduíno. Com a fuga da corte para Niceia, o antigo Império se desagregou em quatro Estados: i - o Império Latino de Constantinopla, e os Estados vassalos – Reino de Tessalônica, o Ducado de Atenas e Tebas e o Principado de Acaia (Peloponeso); ii - o Império de Niceia (onde reinaria a dinastia dos Lascáridas); iii - o despotado de Épiro; e iv - o Império de Trebizonda. Os Lascáridas, principalmente João III Vatatzes (1222-1254), procuraram retomar os territórios perdidos e reconstituir o antigo Império Bizantino, mas só lhes foi possível recuperar a Macedônia e sua capital, Tessalônica.

O quinto e último Período se estendeu de 1258 até o colapso final e definitivo do Império Bizantino, em 1453. Com o intuito de reconquistar Constantinopla, o Basileu Miguel entrou em acordo com Trebizonda e Épiro e concentrou suas forças e energia contra o Império Latino, que se encontrava em plena desagregação. Sem opor muita resistência, Constantinopla foi reconquistada em julho de 1261, e Miguel coroado em Santa Sofia, em 15 de agosto do mesmo ano. Durante seu longo reinado (até 1282), sua política consistiu em melhorar as relações com o Ocidente e com Roma, com o intuito de evitar novas Cruzadas e assegurar a preservação de um Império agora limitado a

umas ilhas do Egeu, pequena parte da Ásia Menor e da Península Balcânica. Seu filho, Andrônico II (1282-1328), teve de enfrentar grandes dificuldades internas, decorrentes de uma economia arrasada que impossibilitava a manutenção de um exército profissional para enfrentar as ameaças externas. Reformas desastrosas (empréstimos, alteração da moeda, imposto sobre cereais, supressão da Marinha de Guerra), perturbações de caráter religioso e política palaciana complicavam ainda mais as perspectivas de uma plena recuperação do Império. Finalmente, no reinado de Constantino XI (1448-1453), o Sultão Maomé II cercou a cidade por terra e mar, e, após intenso bombardeio, entrou, triunfal, em Constantinopla, em junho de 1453.

Com o fim do Império Bizantino (395-1453), grego e cristão, surgiria o Império Otomano, turco e muçulmano, levando para a Europa uma nova cultura.

4.1.4 O Estado das Ciências

As características do Império Bizantino não eram favoráveis ao desenvolvimento de um espírito científico, investigativo, analítico e crítico. A dúvida intelectual e filosófica não existia em um ambiente dogmático, de cultura teocrática. As vantagens linguística e geográfica, além do domínio político de grandes e tradicionais centros culturais, não foram capazes de suplantar as desvantagens impostas por um sistema autocrático inibidor de uma atitude e de uma curiosidade criativas. Justiniano, em 529, fechou a Academia de Platão e outros centros de cultura, em Atenas, determinando que o ensino deveria ser ministrado exclusivamente por cristãos, sob controle da Igreja, de acordo com a doutrina oficial do Estado. A Paideia fora substituída pelo *Quadrivium*, sintoma evidente do abandono bizantino da concepção grega de ensino. O ensino público só seria restaurado no século IX, pelo Basileu Teófilo (829-842).

Nessa atmosfera nada propícia, mas que prevaleceria ao longo dos mil anos de existência do Império, o conhecimento científico e o interesse pelas Ciências estiveram comprometidos, a ponto de não estar registrada na História da Ciência nenhuma contribuição relevante ou digna de nota. Os escritos bizantinos são de uma grande pobreza de inspiração, em geral compilação de obras anteriores gregas, ou comentários muitas vezes inferiores ao texto original[267]. Poucos, como Metoquitas, Grégoras e Pleton, se sobressaíram

[267] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

no meio da mediocridade generalizada, e tentaram conservar e incutir em seus contemporâneos, o espírito da eterna busca, que caracteriza o helenismo.

No afã de encontrar um papel significativo para a cultura bizantina no campo da Filosofia Natural, diversos autores mencionam, contudo, a notável missão de ter herdado, conservado, comentado e transmitido a outros povos o legado científico da Antiguidade Grega[268]. No mesmo sentido se expressou Taton, ao escrever que os sábios bizantinos tiveram o grande mérito de preservar muitas obras gregas e orientais, que eram sistematicamente copiadas, comentadas, anotadas, traduzidas e ilustradas. Com esse trabalho, teriam contribuído para a difusão da Ciência helênica junto aos sírios, persas e árabes e no Ocidente.

No século V, o Concílio de Éfeso decretara herética a interpretação sustentada pelo Patriarca Nestório sobre a natureza de Cristo, pela qual a sua humanidade teria precedência sobre a sua divindade; em consequência, monges nestorianos se refugiariam, inicialmente, em Edessa, na Síria, no limite oriental do Império, deslocando-se, depois, para Nibilis e Gondeshapur, em território persa, onde divulgariam o Cristianismo e a cultura grega. No século VI, professores da recém-fechada Academia de Atenas, levando documentos da antiga cultura helênica, seriam acolhidos, igualmente, na Pérsia, contribuindo para a preservação e divulgação de importantes autores gregos, como Platão, Aristóteles e Plotino.

O registro das atividades científicas no Império Bizantino pode ser agrupado em Ciências exatas (Matemática, Astronomia e Física) e Ciências naturais (Química, Biologia e Medicina).

4.1.4.1 Ciências Exatas

Os nomes mais conhecidos e geralmente mencionados no campo da Matemática e da Astronomia por autores especializados na História de Bizâncio são:

1) Proclo de Alexandria (411-485), filósofo neoplatônico, diretor da Academia de Platão, consideradocomo o último cientista pagão de algum valor; escreveu comentários sobre as obras de Hiparco, Ptolomeu e Euclides; em seu *Elementos de Física* recolheu muitas das ideias de Aristóteles; 2) Antemius de Trales (século VI), arquiteto de Santa Sofia, em Constantinopla;

[268] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Império Bizantino.*

escreveu uma obra *Sobre os espelhos ardentes*, em que são descritas as propriedades focais da parábola; 3) Eutocius (século VI), que comentou várias obras de Arquimedes (*Sobre a Esfera e o Cilindro, A Medição do Círculo* e *Sobre o Equilíbrio no Plano*) e *As Cônicas*, de Apolônio; 4) Isidoro de Mileto (século VI), comentador das obras de Arquimedes e Apolônio, e possível autor do apócrifo Livro XV de*Elementos,* de Euclides. Um dos últimos dirigentes da Academia de Platão, refugiou-se Isidoro na Pérsia, quando, em 529, as Escolas Filosóficas de Atenas foram fechadas por ordem de Justiniano; 5) Filoponos (século VI), cristão, que estudou em Alexandria, escreveu comentários à *Aritmética,* de Nicômaco de Gerasa, aos *Elementos,* de Euclides, e ao *Almagesto,* de Ptolomeu, um *Tratado do Astrolábio* e uma *Teoria do Mundo*. Em Física, foi crítico da Dinâmica de Aristóteles, inclusive da impossibilidade do vácuo, e negou, como o faria Galileu, que a velocidade adquirida por um corpo em queda livre seja proporcional ao seu peso; 6) Cosme Indicopleutes (século VI), monge, que criticou o heliocentrismo e a esfericidade da Terra; 7) Miguel Pselos (1018-1078), polígrafo, um dos promotores do renascimento do neoplatonismo, versado em Matemática, Astronomia e Medicina; escreveu comentários à *Aritmética,* de Diofanto; 8) João Tzetzes (1110-1180) escreveu sobre Astronomia, em uma época de muito prestígio e divulgação da Astrologia; 9) Jorge Paquímero (1242-1310) parafraseou Diofanto, Euclides e Nicômaco, e conhecia o Teorema de Pitágoras; 10) Máximo Planudo (1255?-1310) comentou Diofanto, empregou, pela primeira vez, em Bizâncio, o zero e os algarismos arábicos. Como Pselos, escreveu uma obra sobre o *Quadrivium*; 11) Manuel Moscopolos (século XIV) comentou vários autores clássicos e escreveu a primeira obra conhecida no Ocidente sobre os quadrados mágicos; 12) Nicolau Bhabdas (século XIV) escreveu sobre a regra de três e dezoito problemas inéditos de Matemática; 13) Monge Bernardo de Seminara, conhecido como Barlaam (século XIV), escreveu, em grego, a *Logística,* em seis livros, sobre um grande número de problemas aritméticos; 14) Teodoro Metoquitas (?-1332), astrônomo, de cultura enciclopédica, comentou a obra de Ptolomeu e se opôs à Astrologia; 15) Nicéforo Grégoras, discípulo de Metoquitas, e igualmente de grande cultura, estudou os eclipses, tendo previsto a ocorrência de dois deles, e escreveu sobre o astrolábio; e 16) Jorge Gemistas, conhecido com Pleton (1355-1452), humanista, propôs a reforma do Calendário, de conformidade com os movimentos do Sol e da Lua, defendeu a esfericidade da Terra. Filósofo, sugeriu, sem êxito, uma reforma

radical do Estado e uma reorganização completa da vida política, social e religiosa.

4.1.4.2 Ciências Naturais: Medicina

O grande feito da Química prática bizantina foi a invenção do famoso fogo grego, pelo sírio (?) ou egípcio (?) Calínico (? - 620), cuja fórmula seria guardada como segredo de Estado, impedindo pesquisas e progressos subsequentes. Trata-se da primeira arma química, responsável pelo sucesso das armas do Império na luta contra os árabes, os turcos e outros povos. Era uma mistura que continha nafta inflamável, nitrato de potássio para fornecer o oxigênio e cal viva para aumentar o calor em sua reação com a água; queimava na superfície da água destruindo os navios inimigos e essa composição explosiva era projetada mediante tubos apropriados ou sifões.

A Alquimia foi bastante difundida, tendo Pselos e Blemidas escrito sobre a transformação de metais em ouro.

No campo da Botânica, nenhuma pesquisa, mas reprodução de obras antigas ou trabalhos descritivos de plantas, principalmente medicinais, sem valor científico. Única contribuição relevante teriam sido as ilustrações, de alto nível, por artistas do século VI, da obra de Dioscórides, famoso por ser autor da primeira Farmacopeia sistemática.

Em Zoologia, Timóteo de Gaza (século V) limitou-se a uma compilação de autores antigos sobre animais, sem comentários e críticas pertinentes. Em *Topografia Cristã*, o monge Cosme Indicopleustes descreveu alguns animais da Índia, Ceilão e Etiópia. Outro autor foi Manuel Filés (1275-1345), que escreveu obra em verso com a descrição de pássaros, peixes e alguns mamíferos. Cabe acrescentar que várias compilações da obra zoológica (*História dos Animais*) de Aristóteles foram editadas nos séculos X e XI. Manuscritos bizantinos (século X) da *Matéria Médica*, de Dioscórides, foram encontrados.

A cultura médica se baseava nas obras de Hipócrates, Herófilo, Dioscórides, Celso, Rufus, Sorano e Galeno, mas teve, igualmente, influência dos sírios, armênios, árabes e persas. A Doutrina Cristã influenciou também a Medicina bizantina "pelo papel importante protagonizado pelos santos milagrosos" (Taton). A atividade médica se limitava ao diagnóstico, ao conhecimento dos sintomas, à dieta alimentar e ao tratamento farmacêutico. Cabe mencionar, contudo, a importância de hospitais e dispensários, a partir do século XI, locais de atendimento dos pacientes.

Os nomes mais conhecidos da Medicina bizantina são:

1) Oribásio de Pérgamo (325 - 400 ?), médico de Juliano, escreveu um grande número de obras, como uma enciclopédia médica e *Remédios fáceis para preparar*. É tido como o descobridor das glândulas salivares; 2) Alexandre de Trales (século VI) escreveu um tratado, em doze volumes, com ênfase nas doenças do sistema respiratório, doenças nervosas, epilepsia, doenças do tubo digestivo e a gota; 3) Aécio de Amida estudou em Alexandria e foi médico na corte de Justiniano; escreveu uma enciclopédia em dezesseis livros, na qual reuniu as passagens mais importantes escritas por seus antecessores; 4) Paulo de Egina (século VII) estudou em Alexandria e foi médico no reinado de Heráclio. Escreveu um tratado, em sete livros, em que tratou inclusive de cirurgia. Fez observações sobre o câncer, e sua técnica de operação de hérnia foi considerada clássica até o século XVII; 5) Leão, o Iatrosofista (século IX), escreveu uma enciclopédia médica; 6) Nicolau Mirepsos (século XIII) redigiu um tratado, em 48 capítulos, com receitas árabes, que seria reconhecido no século XVII como Código Farmacêutico pela Faculdade de Medicina de Paris; e 7) João, o Actuário (século XIV), escreveu um tratado de Medicina, reputado de muito boa qualidade.

4.2 O MUNDO ESLAVO E A FILOSOFIA NATURAL

4.2.1 Introdução

Apesar da importância dos povos eslavos na formação histórica da Europa, onde ocupam vasto território e constituem o maior grupo linguístico, não estão ainda suficientemente esclarecidas suas origens. Sua migração inicial limitou-se às regiões fronteiriças, em busca de terras férteis para a agricultura e para criação e pecuária, mantendo-se alheia e distante das regiões sob influência grega e latina. Não conhecendo a escrita, e tendo sido encontrados poucos vestígios culturais daquelas sociedades, é relativamente reduzido o conhecimento a respeito desses primeiros povos eslavos, que não formavam uma raça ou etnia, mas uma comunidade linguística. Nesse sentido, os eslavos são indo-europeus, cuja língua, apesar do imenso território contíguo ocupado, manteve-se, por séculos, sem nenhuma diferença significativa, podendo um clã da Morávia se entender com um da Croácia. A chegada, no século X, dos magiares e

romenos cortaria o mundo eslavo em duas partes, a Norte e a Sul, o que viria a ocasionar um distanciamento linguístico entre essas duas regiões.

Ainda que os especialistas não estejam de acordo quanto à origem desses povos, aceita-se como seu *habitat* originário a parte centro-oriental da Europa, nas bacias do Vístula, do Oder e do Dnieper. A ausência de uma cultura única e própria impediria o desenvolvimento de uma consciência étnica ou nacional[269]. Não se constituíram nunca num Estado nacional, nem formariam um Império. Mantiveram-se como entidades políticas feudais, com evoluções distintas, na medida em que esses Reinos sofreram influências diferentes em seus processos civilizatórios: alguns, pela proximidade com o Império Bizantino, se cristianizaram, adotando a ortodoxia grega, enquanto outros se latinizaram ao se tornarem católicos. Somente a partir da conversão desses povos ao Cristianismo, processo que durou do século IX ao XIII, é que há mais informações sobre eles, tanto mais que aumentaram, então, seus contactos com outros povos e culturas e adquiriram conhecimento da escrita.

Ao final do século XV, os eslavos habitavam a maior área territorial da Europa (Bálcãs, Europa central e oriental, Rússia, Ucrânia), ocupada, em sua parte ocidental, por povos de cultura greco-romana, cristãos católicos; em sua parte oriental do Mediterrâneo, pelo decadente e moribundo Império Bizantino, de cultura grega, cristãos ortodoxos; em sua parte oriental e central, a Leste do Reno e região Sul do Báltico, pelos germânicos, cristianizados pela Igreja de Roma; na Escandinávia, pelos normandos ou vikings, ainda pagãos. Outros povos, como os magiares, finlandeses, lituanos e romenos, ocupavam territórios relativamente pequenos.

Por outro lado, a dispersão desses povos eslavos por tão vasta área indica ser conveniente tratar sua evolução tendo presente não haver uma identidade cultural e nacional. Tal situação dificulta e limita, obviamente, um exame global da evolução da Ciência, nessa época, no mundo eslavo. Considerando, porém, sua tardia e incompleta participação (século XIII) no processo cultural da Europa, será suficiente, para os propósitos de detectar e verificar o nível de conhecimento científico daquelas sociedades, examinar, ainda que perfunctoriamente, suas principais realizações e obras, além de eventuais contribuições, nos diversos ramos da Ciência.

---

[269] GIORDANI, Mario Curtis. *História do Mundo Feudal.*

4.2.2 Síntese Histórica

Pouco se conhece dos primeiros tempos dos povos eslavos, quando migraram para a parte centro-oriental do continente europeu, desenvolveram a agricultura, criaram uma estrutura político-social e estabeleceram contactos com povos vizinhos, como os celtas e os germânicos. Algumas evidências desses tempos primordiais e as influências recebidas dessas culturas vizinhas indicam terem os eslavos, respeitadas as peculiaridades regionais, atingido um incipiente grau de cultura e de vida comunitária: i) estrutura político-social – regime de clã, comunidade de bens, três classes (escravos, livres-artesãos e camponeses, e aristocracia), o líder da comunidade pertencia à aristocracia, praticavam a poligamia; ii) cultural – não conheciam a escrita, que só seria introduzida com a conversão ao Cristianismo; iii) economia – agricultura – era a principal atividade, conheciam os cereais (trigo, cevada, centeio, aveia) e leguminosas (feijão, lentilha, ervilha, cebola, alho), cultivavam árvores frutíferas (cerejeira, ameixeira, macieira, vinhedo), cânhamo e linho; criavamaves (galinha, pato), bovinos, ovinos, suínos, caprinos. O cavalo era utilizado tanto para a tração, quanto para a montaria; desenvolveram o artesanato – cerâmica, ossos, madeira, tecelagem e metalurgia. Conheciam o ouro, a prata, o ferro e o chumbo; iv) religião – animistas, atribuíam poderes sobrenaturais a todos os elementos naturais e materiais: montanhas, rios, lagos, florestas, os corpos celestes (Sol, Lua, estrelas) e aos fenômenos da Natureza (raios, trovões, terremotos).

Esses povos sedentários iniciariam, nos primórdios do século V, uma lenta migração, sem abandonar suas bases, em todas as direções, cujas causas e cujos objetivos não foram ainda esclarecidos. Essa expansão se deu por três diferentes grupos: eslavos do sul, ocidentais e orientais. Os meridionais (eslovenos, croatas, búlgaros eslavizados e sérvios) atravessaram o Danúbio, em 534, e se instalaram nos Bálcãs, após a partida dos ávaros, no século VII; os ocidentais (poloneses, checos, morávios, eslovacos) se dirigiram para o sul, e, depois de se chocarem com os celtas e germânicos, ocuparam partes da antiga Germânia (atuais Boêmia, Morávia, Eslováquia), chegando até o rio Elba, e parte da atual Polônia; os orientais (russos, ucranianos, russos brancos) migraram para a vasta planície euro-asiática, atingindo o mar Negro, o Dnieper, o Don, o Volga e as fronteiras com o Cazaquistão e o Irã.

A dispersão geográfica e a ausência de uma identidade cultural explicam a diferente evolução histórica desses grupos populacionais, sujeitos a

influências de culturas superiores, como a bizantina e a ocidental. A partir do século IX, quando as várias comunidades eslavas se envolveram mais diretamente com a política, a economia e a cultura dos povos de tradições greco-romanas, tais influências se fariam mais nítidas, profundas e abrangentes. O papel da religião nesse processo foi crucial e determinante. A cristianização, no século IX, dos morávios, búlgaros, sérvios, croatas e eslovacos; no século X, dos poloneses; e no século XI, dos russos e ucranianos, modificaria, de forma decisiva (inclusive com a introdução da escrita), a evolução, até então isolada, desses povos eslavos, integrando-os no processo civilizatório europeu.

Tal processo ocorreu sob duas influências culturais distintas: os eslavos ocidentais (poloneses, tchecos, morávios, eslovacos) e meridionais (croatas e eslovenos), cristianizados pela Igreja de Roma, tornaram-se católicos e adotaram o latim como língua culta, enquanto que os eslavos orientais (russos, ucranianos, russos brancos) e alguns ocidentais (sérvios, búlgaros), por influência bizantina, adotaram a ortodoxia grega[270]. Os ortodoxos oficiavam a missa na língua nacional, o que incentivaria o desenvolvimento de um idioma eslavo religioso, literário e científico.

A escrita cirílica, introduzida desde o século IX, quando do início da cristianização, foi inventada pelos irmãos e apóstolos eslavos Cirilo (827-869) e Metódio (825-885), cujos trabalhos de conversão dos habitantes da Hungria, Morávia, Dalmácia, Polônia e outras regiões, e de tradução da Bíblia do grego para o eslavo, os colocam como das mais importantes personalidades da vida religiosa e cultural medieval europeia.

O processo de formação de Estados nacionais foi muito mais lento, e se iniciou mais tarde que na Europa ocidental, uma vez que a tradição de clãs não favoreceria uma mudança tão radical que significasse o enfraquecimento da autoridade grupal, exercida por uma aristocracia proprietária de terras, em favor de uma autoridade superior, centralizada. Nesse processo de formação de reinos, principados e ducados (Sérvia, Boêmia, Morávia, Hungria, Bulgária, Kiev, Moscou), as rivalidades e a luta pelo poder confrontariam em épocas diferentes várias dessas entidades políticas, bem como gerariam guerras contra outros povos e Estados. Desses Reinos, alguns tiveram mais projeção política, em determinado momento, que outros, mas todos tiveram uma evolução muito convulsionada, com frequentes invasões, mobilidade de

[270] CHADWICK, Henry & EVANS, G. R. *Atlas of the Christian Church.*

fronteiras, disputas sucessórias e conflitos armados com vizinhos (Constantinopla, germânicos, normandos, mongóis, turcos).

Para os propósitos do exame do conhecimento científico entre os eslavos, basta um mero registro de certos aspectos relevantes da História de alguns desses Reinos:

4.2.2.1 Polônia

Alcançou certa estabilidade com a dinastia Piast, cujo primeiro governante foi o Duque Mierzko I (962-992), que introduziu o Catolicismo no País. Seu sucessor, Boleslau, o Grande (992-1025), foi o consolidador do Reino, apesar do sistema de clã, que teria vigência na Polônia por muitos séculos e fragilizaria a autoridade real. No século XIII, toda a região foi invadida, saqueada e temporariamente ocupada pelos mongóis (tártaros). Posteriormente, o fluxo de colonos alemães e flamengos em direção leste, com a ocupação da Prússia, da Pomerânia, de Brandenburgo, da Silésia e do litoral do Báltico (fundação de portos, como Lubeck, Stettin, Kolberg) significou uma forte pressão sobre o Reino, que, por sua vez, se beneficiaria da abertura do Báltico para o comércio internacional.

O grande governante polonês da Época medieval foi Casimiro, o Grande (1333-1370), último da dinastia Piast, cujo governo dinamizou a economia, promoveu a cultura (fundação da Universidade de Cracóvia, em 1364), conteve os abusos da nobreza, desenvolveu as cidades e estabeleceu uma Corte Suprema de Apelação. Foi extremamente ativo na política externa, buscando manter influência no Báltico e na Pomerânia e expandir seus domínios em direção do mar Negro[271]. A dinastia Jagelão começou com Jaguelov, que, convertido ao Catolicismo, adotou o nome de Ladislau; viúvo de Edwiges, herdeira do trono, Ladislau governaria a Polônia até 1434, quando morreu, após longo reinado no qual prosseguiu os esforços de Casimiro pelo fortalecimento do Reino.

4.2.2.2 Boêmia

Primeiro foi a Morávia que se firmou como a potência da região, até sua derrota frente aos húngaros, no século X. A desintegração da Morávia não

[271] MATTHEW, Donald. *Atlas of Medieval Europe.*

favoreceria, de imediato, os tchecos, que não formavam, à época, um Estado, e se encontravam submetidos aos germanos. A Boêmia surgiu com Venceslau (Vaclav, 925-929), que introduziu o Catolicismo na região e exerceu com energia e determinação seu poder de governante. Foi assassinado na porta da igreja, para onde fora atraído por seu irmão, Boleslau, que, como sua mãe, era do partido nacionalista germanófobo, contrário à cristianização, porque significava a penetração da cultura forânea no País. São Venceslau é reverenciado como o patrono da Boêmia. Seguiram-se anos de turbulências e de violentas manifestações contra o Cristianismo, que só viria a se firmar no século XI. Personalidade reinante importante foi a de Otocar II (1253-1278), que ampliou seus domínios para abranger, além da Boêmia, a Morávia, a Silésia, a Eslováquia, a Lusácia, a Áustria, a Estíria, a Caríntia e a Carníola. A abertura das minas de prata de Kutna Hora, no século XIII, transformaria Praga em importante centro financeiro. A influência germânica era preponderante nos terrenos econômico, social, político, cultural e religioso, como temera o partido germanófobo de Boleslau. O grande Rei da Boêmia e um dos mais importantes de toda a Idade Média europeia foi o Imperador do Sacro Império Romano-Germânico Carlos IV (1346-1378), que, além de sua grande visão como governante de um Império, garantiu a independência da Boêmia, através da célebre Bula de Ouro, e estimulou o sentimento eslavo do povo. Fundou a Universidade de Praga, em 1348, e transformou a capital em um dos mais importantes centros culturais do Império[272].

4.2.2.3 Bulgária

O povo búlgaro, de origem turca, penetrou na região Sul do Danúbio (Trácia e Mésia) no século V, iniciando-se, pouco depois, uma expansão em direção oeste e sul, assediando Constantinopla e Tessalônica. Em meados do século VII, surgiu o líder Kubrat, educado em Bizâncio, e cristão, considerado o fundador do poder político búlgaro. Em 681, o Basileu Constantino IV foi forçado a ceder o território na parte Sul do Danúbio aos invasores, área que viria a se constituir no Estado búlgaro, governado por um Khan, assessorado por uma nobreza militar, e cujo povo, majoritariamente campesino, era de origem eslava. Boris (852-888) converteu-se ao Cristianismo e foi batizado (865) pelo Patriarca de Constantinopla, afastando,

[272] THE TIMES. *Atlas da História Universal.*

assim, o perigo de influência ocidental. O apogeu medieval búlgaro foi alcançado com Simeão (893-927), que ampliou seus domínios até o Adriático, abrangendo a Mésia, a Trácia, a Macedônia, a Sérvia, a Albânia e o Épiro; fracassou, contudo, em seu intento de conquistar Constantinopla. A expansão do Cristianismo grego nos Bálcãs foi, em parte, devida ao domínio búlgaro da região. Com Pedro (927-969), filho de Simeão, o Império entrou em crise, resultando a divisão da Bulgária em duas, após uma série de rebeliões internas. O País cairia, em seguida, sob o domínio de Constantinopla, convertendo-se em mera província, que rapidamente entrou em processo de feudalização. Pedro e João Assen (importante família feudal) fundariam, em 1185, a Bulgária do Norte, que anexaria a Valáquia, e que seria reconhecida como novo Estado em 1204, pelo Papa Inocêncio III[273]. João Assen (1218-1241) expandiria seus domínios, com a inclusão da Macedônia, Tessália, Trácia, Albânia e Sérvia. Com a invasão dos mongóis (1240-1300) e os enfrentamentos com os sérvios (1300-1350), a Bulgária entraria em nova crise e exaustão econômica, o que a forçaria a se dividir, outra vez, em dois Reinos, que sucumbiriam, em 1396, frente aos turcos, perdendo sua independência.

4.2.2.4 Sérvia

Aproveitando-se das lutas entre bizantinos e húngaros, os chefes sérvios da família Nemânidas fundaram a dinastia que governaria a região interior de Ragusa e a Macedônia por dois séculos. O fundador foi Estevão Nemânidas (1171-1196), que incorporaria a seus domínios a Dalmácia, a Herzegovina, Montenegro e a Sérvia danubiana. Seu filho, Estevão, obteria do Papa Honório III a coroa real (1217). Uros governaria por 34 anos (1242-1276), transformando a Sérvia na maior potência balcânica. Após uma sucessão de desordens internas, motivadas por rivalidades familiares, Estevão Duchan (1331-1355) recuperou o prestígio sérvio, e em 1346, proclamou-se "imperador dos sérvios e de todos os romanos", pretendendo apoderar-se de Constantinopla, o que não conseguiria, em vista de sua morte repentina. Seu sucessor, Estevão Uroch IV (1355-1371), não teve condições de manter a unidade do Império recebido, e a Sérvia foi dividida em duas partes, a do Norte e a do Sul. Com a derrota na batalha de Kossovo (1389), os sérvios

[273] LAROUSSE Encyclopedia. *Ancient & Medieval History.*

caíram sob o domínio otomano[274]. Povo aguerrido e disciplinado, o sérvio formava uma Sociedade diferente de outras eslavas, evoluindo para formas mais modernas de organização política; a nascente burguesia urbana e mercantil limitava o poder dos grandes proprietários de terras, e a economia floresceu nessa Época medieval. A conquista da Sérvia pelos otomanos frustraria essa evolução, que poderia ter transformado o Império em um fator estabilizador e de progresso nos Bálcãs.

4.2.2.5 Ucrânia

A palavra, de origem eslava, significa marca, limite, país fronteiriço. A Ucrânia se estendia desde o Neva até o mar Negro, e foi, do século IX ao século XIII, o mais importante centro eslavo oriental. Sua história como principado independente se iniciou com o Príncipe Oleg (879-912)[275], de origem normanda (*viking*), que submeteu a cidade de Smolensk, fez de Kiev sua capital e obteve de Constantinopla o pagamento de um tributo em troca da paz e de um tratado comercial. Seguiram-se Igor (912-945) e sua viúva Olga (945-957), que se converteu ao Cristianismo, sendo uma governante capaz e eficiente. Seu filho e sucessor, Sviatoslav (957-972), permaneceu pagão, combateu os búlgaros e passou boa parte de seu governo em guerras com os vizinhos. Após sua morte, houve luta sucessória entre seus filhos, resultando vencedor Vladimir (980-1015), que procurou fortalecer seu poder e ampliar seus domínios. Guerreou os bizantinos, converteu-se ao Cristianismo, sendo batizado pela Igreja de Constantinopla, e, durante seu governo, protegeu e ajudou a propagação da Fé Cristã. Iaroslav (1019-1054) acolheu os clérigos búlgaros foragidos dos bizantinos e contribuiu para a disseminação do culto grego na região. Incentivou os empreendimentos culturais, e, com o auxílio do célebre monge russo Hilarião, construiu uma escola de tradutores e copistas em seu palácio. Estendeu a todo o Principado as normas jurídicas, originalmente preparadas apenas para Novgorod, as quais, revistas no século XIII, formariam as bases do Direito russo. Através de casamentos, estabeleceu Iaroslav, ainda, alianças e vínculos de parentescos com a Suécia, Noruega, Polônia, Hungria, França e Inglaterra, com a intenção de dar um papel à Ucrânia no cenário internacional. No Principado de Iaroslav, a Ucrânia atingiu

---

274 GIORDANI, Mario Curtis. *História do Mundo Feudal.*
275 MEULEAU, Maurice; PIETRI, Luce. *Le Monde et son Histoire.*

seu apogeu, abrangendo extenso território, que incluía, entre outros, Kiev, Novgorod, Smolensk e Volínia, e se firmando como a mais importante e poderosa entidade política dos eslavos orientais. Seguiu-se um período de declínio e decadência, que culminaria com o saque e a ocupação de Kiev pelos mongóis, em dezembro de 1240, onde permaneceriam até o século XIV, quando a região passou, por dois séculos, para o domínio dos lituanos.

A queda do Principado de Kiev afastaria os eslavos orientais da Europa ocidental e de Bizâncio, vindo a se desenvolver outras regiões habitadas pelos eslavos russos, como a Galícia, Novgorod e Suzdália, no interior das imensas estepes, mas cuja ascendência política, econômica e militar na região seria suplantada pela de Moscou, que se transformaria na grande potência regional.

4.2.2.6 Rússia

A História Rússia começou, na realidade, no século IX, quando já estavam estabelecidas tribos eslavas nas planícies do Dnieper e do Dniester, com algumas vilas fortificadas e centros comerciais, como Novgorod, Kiev e Smolensk. Pouco unidas, essas populações eram fáceis presas de povos vizinhos, com os quais mantinham constantes enfrentamentos e sofriam incursões e saques. Em 862, uma tribo escandinava normanda (*viking*), denominada *russ*, estabeleceu-se em Novgorod, sob a chefia de Rurik, que encarregou Oleg de ocupar região mais ao sul, cujo centro era Kiev. Até o século XIII (1240), a Ucrânia seria o grande poder político, militar e econômico, mas com sua dominação pelos tártaros, naquela data, adquiriu maior importância a região de Moscou, situada entre o Alto Volga, o Alto Dnieper e o Oca, bastante habitada e pouco acessível a expedições guerreiras vizinhas e de mongóis. Daniel (1263-1303), neto de Iaroslav de Kiev, herdou o Principado de Moscou, que com Jorge (1303-1325) foi elevado a Grão-Principado, destacando-se, a partir de Ivã I – o Kalita (o Cego, 1328-1341), já como o principal centro político, cultural, econômico e religioso da região eslava oriental. Seus sucessores, Simeão (1341-1352) e Ivã II (1352-1359) ampliaram seus domínios, subjugaram os demais príncipes, que se tornaram vassalos, e tiveram de enfrentar a constante ameaça dos lituanos, que já dominavam o Principado de Kiev. Dmitri Donskoi (1359-1389) lutou contra os mongóis, obteve a histórica vitória de Kulikovo (1380), mas não pôde impedir o saque de Moscou, em 1382.

Nesse Período, a Igreja russa foi bastante ativa, criando mosteiros e difundindo a fé em todos os rincões do Grão-Principado. O mais famoso e importante monge foi Sérgio de Radonezh (1321-1391), elevado a santo patrono da Rússia, cujo mosteiro se transformaria no principal centro cultural russo por muitos séculos; Sérgio exerceria grande influência política, religiosa e cultural junto ao Grão-Príncipe Dmitri Donskoi, aos altos dignitários e ao povo. Vassili I (1371-1425) adquiriu novas áreas (Muron, Nijni-Novgorod) e lutou contra expedições invasoras tártaras. Vassili II (1425-1462), cujo governo fora contestado, em duas oportunidades, pelas rebeliões de seu tio Jorge e filho Chemiaka, só recuperou o poder graças ao apoio de príncipes, do Clero ortodoxo e dos mongóis. Teria Vassili II de enfrentar uma série de problemas internos, (aristocracia) e externos, como com os mongóis, que o aprisionaram e só o libertaram após o pagamento de vultoso resgate, o que desgastou ainda mais sua imagem junto ao povo. Em seu reinado, o Metropolita (líder espiritual e chefe da Igreja) de Moscou deixou de ser escolhido pelos bizantinos, adquirindo a Igreja russa um caráter nacional.

Com a queda de Constantinopla frente aos turcos otomanos, Moscou se transformaria no principal centro religioso ortodoxo e herdeira espiritual da Igreja Ortodoxa Grega. O Grão-Principado de Moscou, com mais de 700 mil km² (bacias do Alto Dvina, do Alto Volga e do Alto Don, Principados de Iaroslav, Rostov, Tver, Riazan e Principados-cidades de Novgorod, Pshov e Viatka), já era, no século XV, hegemônico em todo o território eslavo oriental, reconhecido como tal pelos demais principados e cidades, bem como pelos países da Europa ocidental.

4.2.3 A Ciência do Mundo Eslavo

Os povos eslavos, divididos no grupo católico e latinizado (Polônia, Croácia, Eslovênia, Morávia e Boêmia), e no grupo ortodoxo grego (Sérvia, Macedônia, Bulgária, Ucrânia e Rússia), teriam, necessariamente, uma evolução cultural diferençada, de acordo com as respectivas influências. Tendo adquirido conhecimento da escrita a partir da conversão ao Cristianismo, sua Literatura seria, por muito tempo, quase que exclusivamente religiosa ou ligada à atividade religiosa; no caso dos ortodoxos, a alfabetização se faria com a escrita inventada por Cirilo e seu irmão Metódio, conhecida como cirílica.

O uso das línguas nacionais, pela Igreja ortodoxa, nas missas, solenidades e festejos religiosos, faria com que as primeiras obras traduzidas do grego

fossem a Bíblia e manuais litúrgicos, seguidos de textos filosóficos e científicos. Ao mesmo tempo, era intensa a atividade de tradução, pelo que, foram fundadas várias escolas de tradutores, já no final do século IX, das quais as mais importantes foram a de Ohrid, na Macedônia, sob a direção de Clemente, discípulo de Metódio, a de Preslav junto à corte do Rei búlgaro Simeão (893-927), a de Kiev, por iniciativa do Príncipe Iaroslav (978-1054), e a de Novgorod. No século XIV, Moscou se transformaria em grande centro cultural, participando, também, desse trabalho de tradução. Os mosteiros eslavos do Monte Athos, na Grécia, guardiões de muitos documentos bizantinos, teriam, igualmente, um papel fundamental na cópia, tradução e difusão desses textos. Chilandar, construído em 1199, por ordem do Rei sérvio Nemânidas, foi, por muitos séculos, o grande centro de estudos superiores sérvios. A primeira obra em língua eslava, de algum interesse científico, foi a *Izbornik Sviatoslava* (*Compilação de Sviatoslava*), espécie de enciclopédia bizantina, traduzida em Preslav, no início do século X, por ordem do Rei Simeão.

As obras religiosas e científicas dos eslavos ocidentais, católicos, eram em latim, língua erudita oficial. A Ordem dos Beneditinos, que se instalou na Dalmácia em 852, na Boêmia em 993 e na Polônia em 1008, teve um papel central na propagação da Fé e da Cultura. O mosteiro de Strahov, em Praga, com sua magnífica biblioteca e centro de estudos eslavos, é um testemunho dessa intensa atividade cultural beneditina. As cidades dálmatas, por sua proximidade com a Europa ocidental, mantinham ligações constantes com os principais centros italianos, como Salerno. O Imperador Carlos IV fundou em Praga, em 1348, a primeira universidade eslava, que incluía quatro faculdades, que priorizavam o ensino das Matemáticas, da Astronomia e da Medicina. O Rei Casimiro, da Polônia, fundou, em, 1364, em Cracóvia, uma Universidade, que, reformada e ampliada por Ladislau Jagelão, em 1400, se dedicaria, entre outras matérias, ao estudo da Medicina e da Astronomia. A obra enciclopédica mais conhecida, dentre as divulgadas nos Reinos eslavos católicos, foi *As Etimologias* de Isidoro de Sevilha (570-636), copiada nos séculos XI-XIII. Uma enciclopédia alemã, *Lucidarius,* do século XII, de autor desconhecido, foi muito popular entre os tchecos e croatas. Albertus Bohemus (?-1258) e Bartolomeu Claretus (?-1379) prepararam glossário científico tcheco sobre Botânica, Medicina, Filosofia e outros temas.

Ao tardio conhecimento da cultura de outros povos, como a grega, a romana, a cristã ocidental e a bizantina, deve ser atribuído o incipiente

desenvolvimento técnico-científico alcançado pelos eslavos no fim da Idade Média. Havia uma consciência, em muitos ilustres governantes, como Casimiro, Edwiges e Ladislau Jagelão, da Polônia, Otocar II e Carlos IV, da Boêmia, Simeão, da Bulgária, Estevão Nemânidas e Estevão Duchan, da Sérvia, Iaroslav, de Kiev e Dmitri Donskoi, de Moscou, como em alguns círculos religiosos, sobre a necessidade de estreitar os vínculos com os grandes centros intelectuais europeus, de forma a permitir maior e melhor acesso ao conhecimento científico da época. O processo evolutivo do conhecimento científico seria influenciado pelas duas grandes correntes culturais (ortodoxa grega e católica latina) que moldariam a própria evolução histórica desses povos.

Período de formação cultural e de estruturação educacional, não se pode considerar que tenha havido, em qualquer dos Reinos eslavos, criação científica. Esse período medieval foi de aquisição de conhecimento, através da importação de obras ocidentais e bizantinas. Nada de original e criativo foi produzido nos diversos campos da Ciência. Como nos demais países da Europa ocidental e no Império Bizantino, a influência da Religião e da Igreja, que controlava o ensino e a vida cultural, nos países eslavos, recém-ingressados numa etapa mais evoluída, seria decisiva no desenvolvimento da mentalidade desses povos.

4.2.3.1 Matemática

A Matemática (Aritmética, Geometria, Cálculo) teria seu primeiro desenvolvimento em função do interesse da Igreja ortodoxa. Dadas suas implicações práticas para a fixação das datas e principais eventos religiosos, despertaria a Matemática especial interesse no Clero. Em 1136, o diácono Cyriacus (1108 - ?), de Novgorod, elaborou um tratado de cronologia religiosa *Utchenie imzhe vedati tchloveku tchisla vseh let* (Ensinamento que permite aos homens conhecer os números de todos os anos), onde estão explicadas as tabelas das Páscoas e dos principais ciclos (do Sol, da Lua, o grande ciclo de 532 anos); o trabalho dividiu, ainda, a hora em uma série sucessiva de partilhas, parando na sétima divisão, alegando ter obtido uma partícula mínima, indivisível, do tempo. Na já citada *Compilação de Sviatoslav* foram expostas as definições aristotélicas de número, de medida, de contínuo e de outras noções de Matemática. A questão do Cálculo, para os ortodoxos, se tornou muito grave e preocupante a partir do século XV, pois todas as antigas tabelas

da Páscoa eram gregas, e suas derivadas eslavas terminavam no ano 7.000 da criação do Mundo (ou seja, 1492), pelo que novas tabelas foram elaboradas por sacerdotes matemáticos de Novgorod e Moscou

Entre os eslavos católicos, a Universidade de Praga, desde seu início, priorizara o ensino da Matemática. A mais antiga obra sobre o assunto foi o *Algorismus prosaycus*, de Kristan de Prachatic, professor em Praga, de 1392 a 1437, e que escreveu também *Computus cyrometricalis*. Outro matemático checo foi Jan de Breznica, que em 1393 escreveu *Computus clericorum*. O polonês Martin Krol escreveu vários livros de Aritmética, Geometria e Cálculo (como *Algorithmus minutiarum* – 1445)[276].

4.2.3.2 Cosmografia - Astronomia

Durante todo esse Período, a Cosmografia ortodoxa eslava foi fortemente influenciada pelos escritos de João Damasceno (?- 749) e de Basílio de Ceraseia(329-378). O prelado João, o Exarco (séculos IX-X), da Bulgária, traduziu *Fontes do Saber*, de Damasceno, e escreveu *Chestodnev* (*A Obra de Seis Dias*), comentário sobre a criação do Mundo. O livro *Topografia Cristã*, de Indicopleustes (século VI), que negava a esfericidade da Terra, não tinha valor científico e defendia conceitos astronômicos ingênuos, foi traduzido e bastante difundido entre os eslavos orientais. No século XV, foi traduzida para o russo a *Kozmografiya*, de autor desconhecido, que explicava a Mecânica celeste pelas esferas homocêntricas de Eudoxo de Cnido (na versão russa havia 78 esferas para as 27 originais do matemático grego). O autor mais importante traduzido para o eslavo foi o bizantino Miguel Psellos (1018-1078), escritor, político controvertido, autor de *Solutiones Breves* e *Omnifaria Doctrina*.

A Cosmografia católica eslava era dominada por Aristóteles latinizado, Ptolomeu e Tomás de Aquino. As traduções latinas de *Meteorologia* e *Do Céu*, de Aristóteles, do *Almagesto*, de Ptolomeu e da *Sphaera mundi*, de Sacrobosco (John of Holywood) eram as obras mais influentes, e serviriam de base ao ensino da Astronomia nas Universidades de Praga e de Cracóvia. O primeiro professor de Astronomia de Praga foi Havel Gallus de Strahov, cônego e médico de Carlos IV. O citado matemático Kristan de Prachatic (1365-1439) foi igualmente professor em Praga e redigiu várias obras de inspiração ptolomaica, como *De compositione astrolabii*. Martin Krol e

[276] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

Andréas (século XV) de Cracóvia se sobressaíram no campo da Astronomia e da Cosmografia na Polônia, sendo que o primeiro fez algumas correções nas *Tabelas Alfonsinas*, e o último estudou, igualmente, os eclipses em *Tabulae eclipsis solis, lunae et aliorum planetarum*. O dominicano de Dubrovnik, Joannes Gazulus (1400-1465) redigiu o *De astrolabii utilitatibus*, e os instrumentos astronômicos e globo celeste de Martim Bylica (1434-1493) se encontram conservados em Cracóvia. O astrônomo e médico tcheco Jan Sindel (1375-1456) mediu a altura do Sol durante os solstícios e os equinócios, e os resultados foram utilizados por vários astrônomos, inclusive Tycho Brahe, além de ter escrito *Tabulae Alphonsinae super meridianum Pragae reductae*.

4.2.3.3 Óptica

No campo da Física, o nome mais importante foi o do matemático polonês Witelo (Vitelius, 1230-1270), que escreveu *Perspectiva*, obra sobre Óptica que permaneceu clássica por quase quatro séculos. Escrito em latim, e baseado nos escritos de Ptolomeu e Ibn al-Haytham (Alhazem), o livro trata das experiências do autor em refração, e sobre a natureza da luz e a Psicofisiologia da visão. Para seus estudos, Witelo aperfeiçoou aparelho de Alhazem para medição dos ângulos de refração. O trabalho representou uma retomada mais elaborada do problema da refração, cuja explicação científica não pôde progredir por falta de conhecimento suficiente, à época, de Trigonometria. A Lei da refração, pela qual "quando um raio de luz passa de um meio a outro, a proporção do seno do ângulo de incidência para o seno do ângulo de refração é uma característica constante do par de meios", só seria descoberta, experimentalmente, por Thomas Harriot, em 1616, por Snell, por volta de 1626, e, independentemente por Descartes, talvez em 1619, mas o primeiro a publicá-la em 1637.

Com exceção de Witelo, nenhum outro nome sobressaiu no campo da Física, na Época medieval eslava. Taton menciona Sendivogius Czechel, que deu aulas em Cracóvia sobre Óptica com base na *Perspectiva* de John Peckham.

4.2.3.4 Química - Alquimia

Como nos vários países da Europa ocidental dessa época, não se pode considerar que tenham os eslavos conhecido a Química teórica ou a tenham

praticado. Possuíam alguma indústria ou artesanato (ícone, sabão, tintas, drogas, pigmentos, metalurgia), mas o pouco conhecimento técnico era transmitido oralmente. Interessante registrar, igualmente, não ter havido, em qualquer dos idiomas eslavos, literatura de orientação alquímica, se bem que existissem alguns laboratórios na Silésia, na Boêmia e na Croácia, onde foram praticadas algumas experiências de Alquimia. Um estudo, em latim, do padre tcheco Jan de Tessin, intitulado *Processus de lapide philosophorum* (1412), teve alguma divulgação entre os eslavos do sul.

4.2.3.5 História Natural

A incipiente e insuficiente literatura sobre as plantas e os animais era, ademais de evidência de pouco interesse sobre o tema, sem valor científico, limitando-se à descrição das espécies, muitas vezes incompleta e errônea. Algumas obras médicas, como *Zeleïnik* e outros herbários, descreviam plantas e drogas medicinais, e o *Codex n° 517*, de Chilandar, verdadeira Farmacopeia eslava, continha muitas informações botânicas, mineralógicas e químicas. A obra grega – de contos alegóricos sobre os animais, pedras e plantas – *Physiologus*, traduzida para o eslavo, teve grande divulgação, como atestam suas várias edições. O *Tolkovaya Paleya* russo e o *Chestodnev*, do búlgaro João, o Exarco, tratavam dos seres vivos, sendo a descrição dos animais e de seu comportamento superior ao da citada obra grega. Chestodnev, por exemplo, dividiu os seres vivos em quatro grupos: as plantas, com as propriedades vitais de crescimento, nutrição e multiplicação; os animais, que, além das mencionadas propriedades vitais, possuiriam a de sentir, mas seriam passivos, como os peixes e os répteis; a maioria dos animais está no terceiro grupo, que incluía os que têm vontade e capacidade de influenciar os acontecimentos (alguns quadrúpedes e os pássaros possuiriam memória); o quarto grupo é o do Homem, ao qual se adicionava a propriedade do espírito.

Os mais antigos herbários tchecos datam do século XIV, e são anônimos, como os de Olomuc e de Rudnica. No início do século XV, o já citado médico e astrônomo Kristan de Prachatic escreveu um herbário com a descrição de mais de 150 plantas, e outro professor de Praga, o igualmente já mencionado Jan Sindel, comentou, em 1424, a obra médico-botânica de Pseudo-Macer (século XII), que viria a ser também explicada pelo médico polonês Simão de Lowicz.

4.2.3.5.1 Medicina

Ao se cristianizarem e ao se alfabetizarem, os eslavos adotaram as teorias médicas greco-romanas (Hipócrates, Galeno), sem, contudo, abandonarem seus antigos costumes e suas tradições. As mais antigas obras eslavas sobre Medicina foram escritas em grego, sendo a princesa russa Eupraxia (1108-?) a primeira autora de textos de prescrição médica e de regras de higiene; ao se casar com o Imperador bizantino, mudou seu nome para Zoé. O Bispo de Prizren, na Macedônia, Joannes, preparou, no século XII, uma curta compilação, em grego, sobre o diagnóstico da doença pelo aspecto da urina. O primeiro médico eslavo com formação científica de que se tem notícia foi o polonês Jan Smera, que estudou em Alexandria e Constantinopla, e foi médico na corte do príncipe Vladimir de Kiev.

Os mais antigos manuscritos eslavos são *Compilação de Chodosh*, da Sérvia, e *Zeleïnik ili travoratch* (*Herbário médico*), do século XIV. Fragmentos da obra de al-Rasi foram traduzidos para o russo.

A Medicina praticada e ensinada nas cidades medievais polonesas, croatas, checas e eslovacas correspondia ao que estava em voga na Europa ocidental. A parte teórica da Medicina estava a cargo, normalmente, de eclesiásticos, enquanto a prática era da alçada de cirurgiões e de barbeiros pouco instruídos.

O primeiro professor de Medicina em Praga foi Nicolau de Jevicka (século XIV), de origem morávia, convocado pelo próprio Imperador, Carlos IV, para ministrar aulas na recém-criada Universidade. Gallus de Strahov, professor em Praga, e médico de Carlos IV, redigiu regras de higiene, um tratado de uroscopia (exame da urina) e um estudo farmacológico, *Acquae et earum virtutes* (em latim e em tcheco). Sigismundo Albicus (1358-1427), de Unczov, arcebispo de Praga, professor de Medicina e médico de Venceslau IV, escreveu, em latim, vários tratados, dos quais o mais conhecido é o relativo ao regime de saúde para os idosos *De regimine hominis seu vetularius*[277]. O mestre Sulko de Hostka (século XV), Reitor da Universidade de Praga, redigiu também ensaios sobre dieta alimentar (1413), e o matemático Kristan de Prachatic preparou estudos médicos em latim: *De sanguinis minutione*, *Signa aegritudinum* e um trabalho em tcheco *Lekarske kniehy* (*Livros médicos*). Na Polônia, o dominicano Nicolau (século XIII) estudou em

277 TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

Montpellier, escreveu *Experimenta* e um poema médico *Antífonas* (1270); o cônego de Wroslau, Pedro de Brega (século XIV), redigiu *Practica;* Jacobus Zeglar de Bochna (século XV) comentou a obra e a terapêutica recomendada por al-Rasi; e o primeiro professor de Medicina da Universidade de Cracóvia foi Johannes Dobra (século XV). Na Croácia, Prvoslav, de Dubrovnik, foi o primeiro médico de formação científica do País (século XIII), sendo que a mesma cidade foi pioneira, em 1377, ao decretar uma quarentena. Outro natural dessa cidade, Domingos, exerceu a cátedra de Medicina em várias cidades italianas.

4.3 A CIÊNCIA NA EUROPA OCIDENTAL LATINA

4.3.1 Caracterização da Europa Ocidental Latina

A divisão do processo histórico de um povo ou de povos de uma determinada região geográfica em períodos ou épocas implica, necessariamente, arbítrio, porquanto num complexo processo evolutivo social não é possível precisar seus limites. Critérios diversos são, necessariamente, utilizados de forma a estabelecer Períodos históricos que atendam aos objetivos desejados, e cujos limites são meros referenciais para fins expositivos. A Idade Média europeia não fugiria a essa regra. A maioria dos historiadores considera, de modo geral, que a desintegração do Império Romano do Ocidente (476) marcou o fim da chamada Antiguidade Clássica (ou Greco-Romana), ingressando a Europa, então, em um novo Período Histórico, denominado de Idade Média. Esse novo Período se estenderia por cerca de mil anos, e terminaria, segundo um grande número de historiadores, com a queda de Constantinopla, capital do Império Bizantino, frente aos turcos otomanos, em 1453, quando, então, se iniciaria o Período moderno.

Dadas a extensão e a complexidade do processo evolutivo, a Idade Média (476-1453) é, por sua vez, subdividida em Alta Idade Média (séculos V-XIII) e Baixa Idade Média (séculos XIV-XV). Do ponto de vista político, econômico e social, e, ainda, com o propósito de facilitar sua explicação, os historiadores consideram, ainda, que a Alta Idade Média compreenderia três épocas distintas: a dos Reinos germânicos (séculos V-VIII), a pré-feudal (séculos IX-X) e a feudal (séculos XI-XIII), quando se formou e se consolidou a Sociedade feudal e ocorreu a transição do escravismo para o servilismo. A Baixa Idade Média, palco do renascimento urbano, cultural e comercial, se

caracterizaria por profundas transformações sociais, econômicas, técnicas e políticas, indicativas da transformação do regime feudal em pré-capitalista[278].

Para a História da Ciência, esses dois clássicos Períodos da chamada Idade Média correspondem, contudo, a duas bastante diferentes épocas, do ponto de vista de buscar entender os fenômenos naturais. Em consequência, não seria pertinente examinar a evolução do pensamento científico sob um mesmo capítulo. O segundo Período, iniciado no final do século XII, ou começos do XIII, difere, totalmente, do ponto de vista da evolução da Ciência, da chamada Alta Idade Média, em vista do Renascimento cultural promovido pela descoberta da cultura grega, pelo avanço nos estudos e pesquisas dos fenômenos naturais, pelo surgimento de um espírito de dúvida e de crítica. A nítida diferença de atitude e de mentalidade justifica um entendimento claro da diversidade do processo de aquisição de conhecimento científico, servindo o final do século XII ou o início do século XIII como marco referencial de uma nova época nessa evolução.

Assim, para efeitos da História da Ciência, a chamada Alta Idade Média europeia será circunscrita ao período compreendido entre os séculos IV e XII, de pouca relevância, dada sua limitada, para não qualificar de inexistente, contribuição ao processo evolutivo da Ciência, embora profundas transformações tivessem ocorrido nos campos social, político e cultural. O período que se seguiu, chamado pelos historiadores da História Universal de Baixa Idade Média, deve ser considerado etapa inicial do Renascimento científico (séculos XIII-XVI), e, como tal, examinado como sua parte integrante.

4.3.2 Introdução

Do ponto de vista da História da Ciência, a Idade Média praticamente não contribuiu para o progresso da Ciência ou para o desenvolvimento, aprimoramento ou propagação do espírito científico. A especulação filosófica e o conhecimento científico da cultura helênica foram combatidos, por serem pagãos, e esquecidos, por perigosos, numa época de predomínio do dogmatismo religioso, que priorizava a Verdade revelada e a vida eterna. A própria instrução básica alcançava pouco mais que o Clero, que controlava, virtualmente, todo o acesso à escrita. Os próprios reis (Carlos Magno) e

278 AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

membros da nobreza eram, em geral, analfabetos ou de pouca cultura. Num mundo sem universidades, somente a corte ou as escolas da Igreja ofereciam a oportunidade de ensino, mesmo assim a poucos membros da aristocracia ou a jovens selecionados para futuro ingresso no Clero. O efeito nas Artes e na atividade intelectual seria profundo; a Cultura elevada se relacionaria com a Religião, vindo a influenciá-la ao estabelecer afirmativas religiosas opressoras[279]. Nesse campo, o período foi de retrocesso, tendo a Europa se equiparado ao nível cultural de outras culturas contemporâneas, como a bizantina, a árabe e a chinesa.

Seria, contudo, uma apreciação superficial, simplista e errônea da Idade Média generalizar para outras áreas o que ocorreu no campo cultural, particularmente no das Ciências. Na realidade, o período não pode ser exclusivamente interpretado e caracterizado pelos seus aspectos negativos, como a violência e a crueldade política, a perseguição religiosa, o teocentrismo, a degradação econômica e a estagnação cultural.

A complexidade do processo histórico está no fato de que, sob outro ponto de vista, aqueles séculos (IV ao XII) da Alta Idade Média foram palco de grande convulsão política e social, além de modificação profunda do mapa político. A desintegração do Império Romano, pelas invasões germânicas e pelas próprias contradições internas da ordem social, alicerçada no Direito romano e na cultura greco-romana, criou um vazio político, o qual ensejaria violento choque de culturas, valores e tradições. Ao longo desse processo evolutivo longo, lento, complexo, doloroso, contraditório e tortuoso, emergiria uma nova Sociedade que iria sendo moldada à medida que ocorriam acomodações e absorções.

O período foi, nesse sentido, de transição, cuja Sociedade se estruturaria em princípios, normas, regras e doutrinas totalmente diferentes da anterior. Assim, ao aparente imobilismo medieval deve-se contrapor o dinamismo embutido nas forças atuantes, que forjaram sua evolução e que explicam a futura dinâmica do processo evolutivo europeu.

A ordem social feudal, ao final do século XII, teria, em consequência, características e contornos bastante diferentes dos que prevaleceram dos séculos IV ao VI. Dessa nova ordem social, já estariam dadas as condições básicas para a eclosão de movimentos e acontecimentos (renascimentos urbano e comercial, pré-capitalismo) na primeira fase do Renascimento científico (séculos XIII-XV)

[279] ROBERTS, J. M. *História do Mundo.*

que desembocariam na Era das Grandes Navegações, do capitalismo, dos Estados nacionais, da Renascença artística e do pleno Renascimento científico. Outras culturas e civilizações, como a bizantina, a árabe, a chinesa e a hindu, que se encontravam aparentemente no mesmo nível da europeia, já, por essa época, haviam entrado, na realidade, num processo de estagnação e retrocesso, de esclerose e imobilismo. A falta de dinamismo, social e político, naquelas sociedades, explicaria a inversão de papeis, já no século XV, quando a Europa ocidental, impelida por um processo dinâmico e abrangente, assumiria o papel incontestável de liderança mundial no campo da Ciência ou Filosofia Natural, estreitamente vinculada e dependente do emergente pensamento científico.

4.3.3 Síntese Histórica

O período sob exame está subdividido em três grandes épocas, de duração e características particulares: a dos Reinos germânicos (séculos IV-VIII), a pré-feudal (séculos IX-X) e a feudal (séculos XI-XII).

4.3.3.1 Época dos Reinos Germânicos

No final do século IV, à época da divisão do Império Romano (395), por Teodósio, povos germânicos não-romanizados percorriam as vastas extensões territoriais europeias em busca de terras mais férteis e clima mais ameno. Contatos comerciais e culturais eram frequentes, tendo, inclusive, alguns desses povos, adotado o arianismo, que seria declarado heresia pelo Primeiro Concílio de Niceia (325).

Derrotados e expulsos pelos hunos, chegados da Ásia, e que se espalharam pela Europa oriental e central, povos germânicos, como os alanos e os godos, se refugiaram dentro dos domínios romanos, iniciando uma migração pacífica, depois transformada em violenta guerra de conquista, em que cidades foram destruídas e populações aterrorizadas e sacrificadas[280]. Todas as províncias e regiões (Gália, Germânia, Panônia, Península Itálica, Península Ibérica, Inglaterra, Alpes, Bretanha, Normandia, Norte da África) do Império Romano do Ocidente foram, nessa onda invasora dos séculos V e VI, alvos de conquista, da parte dos diversos povos germânicos[281] (godos,

---

[280] SEIGNOBOS, Charles. *História Comparada dos Povos da Europa.*
[281] THE TIMES. *Atlas da História Universal.*

francos, alamanos, lombardos, anglos, jutos, saxões, turíngios, burgúndios, suevos, vândalos) e dos hunos.

Iniciou-se, assim, a Idade Média, com a formação de um grande número de Reinos germânicos (dos visigodos, ostrogodos, francos, bávaros, burgúndios, lombardos, anglos, suevos, jutos, turíngios, alamanos, saxões e outros) esfacelando o mapa político do Império, em detrimento e em substituição da política imperial centralizadora da cultura romana, conveniente aos interesses da Igreja Romana, que se declarara *católica*, ou *universal*.

Ao mesmo tempo, no campo econômico ocorreriam o êxodo urbano, o declínio das atividades comercial e artesanal, a ruralização da economia e da população (que se reduziu) e a deterioração das estradas. Em consequência, as cidades virariam burgos protegidos em pequenas áreas, o artesanato voltaria ao campo, para consumo local, as populações rurais não se constituiriam mais de escravos e homens livres, mas de servos, que, em troca da proteção dos grandes proprietários de terra (inclusive da Igreja), pagariam impostos e prestariam serviços aos senhores[282]. A agricultura, de subsistência, seria a principal atividade econômica, cujas técnicas e práticas, herdadas dos romanos e dos povos romanizados, eram suficientes para alimentar, de forma frugal, uma população basicamente rural e numericamente estagnada.

Nesse choque de culturas, o Direito romano viria a prevalecer nos países latinos, enquanto a tradição germânica, de Jurisprudência, se imporia aos países anglo-saxões. A propriedade da terra, antes concedida pelos serviços prestados (militares), passou, em sua grande parte, para membros da nobreza (aristocracia rural), responsáveis pela segurança e subsistência da comunidade local, e para a Igreja (mosteiros). No caso do proprietário secular, a terra passou a ser incorporada à herança familiar, enquanto que as terras da Igreja pertenciam à Instituição, não aos clérigos, individualmente.

No campo cultural, a degradação se evidenciaria, nesses primeiros tempos medievais, com o fechamento de escolas, a alarmante redução do nível de alfabetização e escolaridade, inclusive nas classes dirigentes e no Baixo Clero, e o desconhecimento dos avanços intelectuais da Antiguidade Clássica. Poucos, muito poucos, foram os intelectuais e eruditos dessa época, devendo citar-se Cassiodoro (468-552), autor de *Instituição das Letras Humanas*, enciclopédia das sete Artes liberais, que consagraram o *curriculum* de ensino medieval *Trivium* (Lógica, Gramática e Dialética) e o *Quadrivium*

[282] RIBEIRO, Darcy. *O Processo Civilizatório.*

(Aritmética, Geometria, Música e Astronomia); Boécio (480-524), chamado de o último dos Romanos, autor de *Consolo da Filosofia* e tradutor de Aristóteles; o monge inglês Beda (673-735), que se interessou pela Astronomia, Aritmética, estudou as marés e os ventos, e escreveu a *História Eclesiástica do Povo Inglês* (731). Não houve, contudo, obras de valor no domínio científico [283]; não haveria pesquisa nos diversos ramos do conhecimento, mas mera reprodução de opiniões de autoridades do passado, sem críticas ou comentários. As prioridades do momento eram, evidentemente, a sobrevivência na Terra e a salvação na vida eterna. Ainda no terreno cultural dessa época, dois autores neoplatônicos, cristãos, merecem citação especial. Ambrósio Macróbio (340-415) compilou, em tradução latina, a antiga Literatura grega pagã em *Saturnália*, em sete livros, e escreveu *Comentários ao sonho de Cipião*, acerca da visão de Cícero em relação ao Cosmos e à imortalidade da alma. De Calcídio (século V), que teria vivido em Roma, pouco se sabe de sua biografia; sua tradução, para o latim, do *Timeu*, de Platão, seria a principal fonte para o conhecimento do pensamento do filósofo grego na Época medieval.

A exemplo do que ocorria na parte oriental do Império, nos domínios espirituais dos Patriarcas de Constantinopla, Antióquia, Alexandria e Jerusalém, uma importante Literatura latina Patrística, sob inspiração da Igreja Romana, trataria de estabelecer uma base filosófica e teológica a uma cultura cristã que deveria substituir a politeísta e pagã greco-romana. Desses autores, os mais representativos são, cronologicamente, Tertuliano, Agostinho e Isidoro. Tertuliano (155-230), nascido em Cartago, converteu-se ao Cristianismo, e sua principal obra é a *Apologética*, dirigida aos governantes imperiais, em defesa dos direitos dos cristãos; acusava o filósofo de inimigo da fé, e tratava a Filosofia como fonte de heresia; Fé e Razão se encontrariam em campos opostos[284]; no início do século II, Tertuliano se filiou ao movimento cristão do montanismo, fundado por Montano, cujos adeptos se diziam iluminados pelo Espírito Santo e acreditavam que uma nova Era cristã se iniciara com eles. Aurélio Agostinho (354-430), convertido ao Cristianismo por Ambrósio, foi nomeado bispo de Hipona (396), cidade onde morreu durante o cerco dos vândalos; tornou-se Doutor da Igreja, e, seguramente, o mais prestigioso teólogo da Idade Média europeia. Influenciado pelo platonismo e pelo neoplatonismo

[283] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[284] LINDBERG, David C. *Los Inicios de la Ciencia Occidental.*

de Plotino, incluiria certas noções do pensamento filosófico grego na Teologia cristã em formação, e procuraria orientar a visão do Homem medieval sobre a relação entre a Fé Cristã e a Filosofia Natural. A síntese agostiniana do pensamento platônico e cristão, expressa em sua diversificada obra (escritos, cartas), consta, principalmente, de *Da Doutrina Cristã*, *Confissões* e *A Cidade de Deus*, e dominaria a Filosofia medieval até a formulação de uma nova síntese, com a introdução do pensamento de Aristóteles, por Tomás de Aquino, no século XIII. Sem traçar uma linha divisória entre Fé e Razão, Agostinho defenderia que a Filosofia deveria ser serva da Religião, não deveria ser esmagada, mas deveria ser disciplinada e utilizada. Estabelecia, assim, Agostinho, uma relação de subordinação e dependência da Filosofia Natural em relação à Teologia, o que contribuiria, de forma decisiva, para impedir o renascimento do espírito crítico e investigativo durante o Período Medieval. Distinguia dois tipos de Razão, a inferior e a superior; a primeira, através da Ciência, teria por objeto o conhecimento da realidade sensível e mutável, e a segunda teria por objeto a sabedoria ou o conhecimento das ideias para se elevar ao Criador. No processo de conhecimento, a Razão ajudaria a alcançar a Fé, a qual, por sua vez, iluminaria a Razão, que contribuiria para esclarecer os conteúdos da Fé. Outro influente autor da Patrística latina foi Isidoro (556-636), bispo de Sevilha; teólogo agostiniano, obteria a conversão da nobreza espanhola visigoda, que era adepta da heresia do arianismo, e escreveria *Etimologia*, enciclopédia, em vinte volumes, dos quais dezessete versavam sobre Aritmética, Geometria, Astronomia, Geografia, História, Mineralogia, Medicina, Gramática, Dialética, Filosofia, Retórica, Teologia, etc; a obra, inspirada em Plínio, seria de consulta durante vários séculos.

Na falta de uma autoridade política central, nesses conturbados tempos da vida política, social, econômica e cultural, a Igreja, desde a oficialização do Cristianismo como religião única do Império, em 395, por Teodósio I, assumiria a tarefa de trazer ordem ao caos, tranquilidade aos desesperados e salvação a todos. Seu prestígio era enorme, crescente, à medida que se propagava a Fé entre os pagãos, particularmente nas áreas rurais. Dessa forma, seu papel na Sociedade medieval seria decisivo, tanto como dirigente espiritual, quanto temporal. A Igreja, em seu afã missionário e de propagação da Fé, seguindo o exemplo do apóstolo Paulo, e em sua tarefa de construção de uma nova ordem social, organizaria o culto, reforçaria a disciplina hierárquica, aumentaria o poder do Papa e dos bispos, fixaria os dogmas, estabeleceria códigos moral e de conduta.

Os ensinamentos dos quatro primeiros Doutores da Igreja (Jerônimo - 331-420, Ambrósio - 340-397, Agostinho - 354-430 e o Papa Gregório I - 540-604) serviriam de guia à ação espiritual da Igreja de Roma. A Sociedade passaria, então, a ser dirigida e controlada pela Igreja, que prometia a salvação e a vida eterna a seu rebanho. Nessa época, foi fundada a Ordem dos Beneditinos por Bento de Núrcia (Mosteiro do Monte Cassino - 529), cujas regras (práticas religiosas e trabalhos manuais) dariam força ao monasticismo, movimento da maior importância para a propagação da Fé, para o estudo da Teologia e para a preservação do legado do mundo greco-romano[285].

Com o passar do tempo, os povos germânicos foram sendo assimilados, cristianizados e sedentarizados, ao mesmo tempo em que os de cultura romana sofreriam influência de seus antigos conquistadores. Desta interação de povos e culturas, adquiriram especial importância os francos, povo germânico dominador da Gália e adjacências, com a conversão de seu chefe Clóvis (465-511) ao Cristianismo (496). Primeiro Rei a adotar a ortodoxia católica (os demais reis ou eram pagãos ou heréticos arianos), Clóvis e seus sucessores merovíngios (511-751) tiveram o apoio integral da Igreja de Roma em sua política expansionista, tendente à criação de um novo Império, no qual o Imperador e o Papa seriam os dignitários máximos. O Papado continuaria sua tarefa de propagação da Fé e obtenção de maior poder secular, com a conversão dos anglos e saxões na Inglaterra, e, posteriormente, com a evangelização dos povos da Germânia, por Bonifácio (715-754).

Os reis merovíngios se mostraram incapazes de governar a vasta área de seus domínios, de enfrentar os nobres e proprietários de terras, e de impor sua autoridade aos chefes locais. A administração do Reino (o poder efetivo) era exercida pelos Prefeitos do Palácio. Em 751, Pepino, o Breve, Prefeito do Palácio (como fora seu pai, Carlos Martel), depôs o Rei Childerico III e estabeleceu a dinastia Carolíngia (751-987), com o apoio da Igreja, que o sagrou Rei[286].

4.3.3.2 Época Pré-feudal

O processo evolutivo europeu atingiu, nos séculos IX e X, uma nova etapa, mais evoluída, rotulada pelos historiadores como de pré-feudal, dado

---

[285] CHADWICK, Henry; EVANS, G.R. *Atlas of the Christian Church.*

[286] MATTHEW, Donald. *Atlas of Medieval Europe.*

o relacionamento entre o enfraquecido poder central e a crescente autoridade dos senhores locais ou feudais.

A figura política mais importante e dominante dessa etapa, que com ele começa, foi Carlos Magno (742-814), filho de Pepino, o Breve. Mais que mero consolidador das fronteiras do Reino e restaurador do poder real, aspirava Carlos Magno a recriar o Império Romano do Ocidente, do qual se julgava herdeiro[287]. No Natal de 800, foi coroado Imperador do Sacro Império Romano, pelo Papa Leão III. Através desse evento de sagração, os poderes temporal e espiritual ficaram interligados, o que iria criar, no futuro, disputas e desavenças, com sortes variáveis. O Império foi dividido em condados, cujos condes eram nomeados pelo Imperador; os viscondes, nomeados pelos condes, eram seus representantes e responsáveis pelas comunidades locais. Durante seu reinado, as relações Estado-Igreja foram boas, participando condes e bispos do Conselho criado pelo Imperador. Ainda que iletrado, Carlos Magno fomentou a cultura, considerando alguns historiadores ter havido um "curto renascimento artístico e cultural" (Renascença carolíngia) no século IX, pelo estudo de textos latinos. O latim seria incentivado como língua culta, e na condição de idioma da religião e do governo, estabeleceu a unidade linguística dos países europeus ocidentais.

Dessa fase cabe registrar o erudito inglês Alcuíno (735-804), que dirigiu o sistema educacional carolíngio com o *Trivium* e o *Quadrivium* como bases do currículo, fundou a Escola de Escribas de Tours e elaborou um método condensado de escrita (minúscula carolíngia), ancestral das letras minúsculas. Outro importante governante dessa época foi Alfredo, o Grande (849-900), Rei inglês que lutou contra o invasor dinamarquês (*vikings*), manteve metade da Ilha sob o domínio saxão e fortaleceu o poder central. Procurou elevar o nível educacional e cultural da população, tendo, inclusive, traduzido obras latinas para seu idioma[288].

O intelectual mais citado da época imediatamente posterior a Carlos Magno é Johannes Erígenes (800-877), filósofo cristão neoplatônico, autor de *Periphyseon* (*Acerca da Natureza*), em forma de diálogo, em que explica as coisas criadas, segundo a Doutrina Cristã; sua obra *De Divisione Naturae*, com uma seção sobre Astronomia, sugeria os planetas Mercúrio, Vênus, Marte e Júpiter orbitarem em volta do Sol, ampliando, assim, o sistema de

[287] ARDAGH, John. *Cultural Atlas of France.*
[288] ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

Heráclides, com apenas Mercúrio e Vênus com movimento de translação em torno do Sol[289]; Erígenes escreveu, ainda, *Comentários* sobre o influente livro *As Núpcias de Filologia e Mercúrio*, de Marciano Capella, sobre o *Trivium* e o *Quadrivium*.

As incursões de magiares, eslavos e normandos, durante o século IX, estremeceriam os alicerces do Império Carolíngio, já enfraquecido pelo costume dos francos de dividir a herança. A parte oriental do Império, que coubera ao filho Luiz, o Germânico, teria em Oto I (912-973) seu primeiro grande governante. Rei em 936, derrotou os magiares, em 955, e controlou os poderosos ducados da Alemanha, reafirmando o prestígio e a autoridade da Monarquia; Oto seria coroado Imperador pelo Papa João XII, em Roma, em 963. O Sacro Império Romano-Germânico duraria até 1806[290].

A despeito de um eventual soberano competente, enérgico e dinâmico, a autoridade central, ao longo desses séculos, se enfraqueceria, incapaz de enfrentar e controlar o crescente poder dos senhores feudais. O prestígio das cortes dependia do apoio e da cooperação de uma aristocracia cada vez mais rica e poderosa, que controlava os meios de produção, coletava impostos, administrava a justiça, dispunha de força militar. Nessa nova Sociedade, manteve a Igreja sua posição de liderança intelectual, espiritual, econômica e política, sendo, inclusive, recrutadas na nobreza as futuras autoridades eclesiásticas.

Essencialmente agrária, a economia continuou dependente da produtividade agrícola, que só no fim do século X apresentaria sinais de progresso e mudanças. A passagem do escravismo para a servidão seria fato marcante dessa época pré-feudal. No campo cultural, nenhum progresso significativo, com a Igreja exercendo o monopólio da instrução e controlando as manifestações artísticas e intelectuais. No campo científico, nada expressivo a registrar.

4.3.3.3 Época Feudal

O sistema feudal, que atingiu seu apogeu nos séculos XI-XII, apesar de não ter sido idêntico nos diversos países e regiões (Reinos alemães, França, Península Itálica, Inglaterra, Escócia, Península Ibérica), teve certas características

---

[289] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
[290] MATTHEW, Donald. *Atlas of Medieval Europe.*

e peculiaridades que o distinguem de sistemas políticos e sociais prevalecentes em outras épocas. O processo de formação do sistema feudal foi lento, encontrando-se suas origens nas sociedades romanas e germânicas. A fusão e a transformação dessas sociedades ocorreram ao longo da Idade Média, com a passagem do escravismo à servidão. O domínio muçulmano do Mediterrâneo teria imediato impacto negativo sobre o comércio europeu, cuja crise redundaria no declínio da vida urbana, no êxodo das cidades para o campo. A terra passou a ser a fonte principal de riqueza, com a ruralização da economia e da população. A segurança agravou-se com as invasões magiares, eslavas e normandas, nos séculos IX e X, ficando evidente a incapacidade dos Reis europeus de enfrentarem os invasores e de protegerem seus vassalos. A importância dos senhores feudais aumentaria anda mais, na medida em que foram capazes de estender proteção a seus vassalos e seus servos. Em consequência, a autoridade e o prestígio da Monarquia fragmentaram-se entre duques e condes, que passariam a exercer poder efetivo em seus domínios.

A terra era, no entanto, pouco produtiva, pois o sistema comunitário de cultivo não estimulava a inovação técnica; sem estímulo para melhorar a produção, a agricultura de subsistência tenderia, contudo, a partir do século XI, a se expandir, devido, principalmente, à ampliação da área de cultivo, mediante o aproveitamento de novas terras (pântanos, bosques, etc.). A produção econômica (agrícola, artesanal, de criação, comercial) se concentrava no feudo, que, além de unidade econômica, se constituía também em unidade político-jurídica da Sociedade feudal[291]. A importância das cidades era insignificante, com a população concentrada nas vilas e no castelo, residência do senhor, e centro político e militar do feudo.

No sistema feudal, a descentralização política era decorrência da propriedade senhorial da terra, que incluía poder militar, poder judicial, poder político, poder econômico, direito de cunhar moeda. Os reis, suseranos supremos, não mais detinham o poder político e militar efetivo, que migrara, progressivamente, para os senhores locais. Em alguns casos, a realeza chegou a ser eletiva. Vínculo jurídico ligava soberano-vassalo, que assumiam deveres e obrigações mútuas. Sociedade aristocrática, no topo da pirâmide social estava a Realeza, seguindo-se o Clero, a alta Nobreza (duques, marqueses e condes), a baixa Nobreza (viscondes, barões, cavaleiros), a Burguesia e finalmente os servos da gleba e os vilões.

---

[291] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades* .

Após séculos de intenso processo de ruralização, transformações importantes na Agricultura ocorreram nos séculos XI/XII, na Europa ocidental, criando uma nova situação bastante diversa da que prevalecera na época anterior. Maior quantidade e melhor qualidade de alimentos se deveram a aperfeiçoamento de técnicas de cultivo (substituição do cultivo bienal pelo trienal, novo tipo de arado, de rodas), à utilização do cavalo na agricultura, ao uso generalizado de instrumentos de ferro (metalurgia) e de fontes de energia (moinhos de vento e de água). O surto agrícola, além de propiciar um significativo aumento demográfico, permitiria a comercialização dos excedentes e a liberação de mão-de-obra para o artesanato e o comércio. Novas cidades ou burgos surgiriam. O chamado Renascimento comercial e urbano seria, a partir do século XI, o catalisador das transformações havidas na Europa ocidental nessa fase de apogeu do sistema feudal.

No terreno religioso, ocorreram acontecimentos marcantes: i) o Cisma do Oriente (1054), forte golpe na aspiração de Roma de unificação da Igreja Cristã; ii) o papado de Gregório VII (1073-1085) com sua *Dictatus Papae* (1075), que reafirmou a origem divina do poder pontifical, a supremacia do Papa sobre os bispos, a preponderância do poder religioso sobre o civil e o direito do Papa de excomungar qualquer um; e iii) a expansão do movimento monasticista, depois da criação, em 910, da Ordem de Cluny, com a fundação da Ordem dos Cartuxos (1084), da Ordem de Cister (em 1098, em Cisteaux, por Roberto, abade de Molesme), da Ordem dos Templários (em 1118, por Hugo de Payens), da Ordem dos Hospitalários (1120) e da Ordem dos Cavaleiros Teutônicos (1128). Essas últimas três Ordens seriam muito ativas nas Cruzadas e participativas na defesa e administração dos territórios conquistados.

Apesar de sua posição de prestígio, força e poder na superestrutura do Estado, de sua disseminação, através de bispados, paróquias e mosteiros por todas as regiões da Europa ocidental, e de sua pretensão de ser *universal* ou *católica*, a Igreja de Roma teve de enfrentar, além de heresias, a permanência do animismo e de outros mitos pagãos na cultura popular, bem como a existência do Judaísmo, bruxaria e tradições esotéricas.

No terreno cultural, o sistema educacional pouco contribuiria para a elevação do nível cultural, inclusive das classes privilegiadas, como a Nobreza e o Clero, que continuavam com pouca instrução. Tendo assumido muitas das funções governamentais, a Igreja se tornaria a única patrocinadora e fonte do conhecimento, disposta a censurar qualquer ideia contrária a seus

dogmas. Para assegurar o êxito de sua orientação, a Igreja controlava os escassos recursos culturais e impedia o acesso aos textos clássicos. O ensino, virtual monopólio da Igreja, era ministrado por padres e monges, ligados aos bispados e aos mosteiros. As poucas escolas ministravam dois tipos de cursos: o elementar (leitura, escrita e contas) e o superior, em dois níveis: o *Trivium* (Gramática, Lógica e Retórica) e o *Quadrivium* (Música, Aritmética, Geometria e Astronomia), que formavam as chamadas Sete Artes Liberais, valorizadas por Marciano Capella, no século V, e por Cassiodoro, no século VI[292]; o objetivo do *Trivium* era o aprendizado da escrita, da leitura e da interpretação de texto, enquanto o *Quadrivium* se limitaria a noções elementares e básicas dessas matérias. O latim se firmou e se expandiu como língua oficial e culta, enquanto a população, no campo e nos burgos, começou a desenvolver, regionalmente, uma linguagem corrente, origem das línguas nacionais, derivadas do latim, do germânico e do eslavo.

4.3.4 Considerações Gerais

O contexto antes descrito teria uma influência decisiva na evolução mental e cultural, particularmente no processo evolutivo do espírito científico, do Ocidente. O primado absoluto do Cristianismo sobre conceitos seculares desestimularia qualquer envolvimento maior de seus fiéis na cultura e no pensamento clássicos. Dedicados aos estudos teológicos, não haveria interesse e estímulo, nos centros de estudo da Igreja, como os mosteiros, em outras investigações intelectuais. O estudo da Sagrada Escritura absorveria o tempo e a mente dos monges e dos Doutores da Igreja. Alguns monges se dedicariam à tarefa de copiar obras de filósofos, pensadores e cientistas da Antiguidade Clássica, não com o intuito de divulgá-las e ensiná-las, mas para entesourá-las em suas inacessíveis bibliotecas. Segundo o já citado Tarnas, "as necessidades do outro mundo ocupavam a atenção dos cristãos devotos e tolhiam qualquer interesse maior pela Natureza, Ciência, História, Literatura e Filosofia. Como as verdades da Escritura a tudo abrangiam, o desenvolvimento da Razão humana estava sancionado".

Em realidade, esse Período Histórico da Idade Média não seria favorável à retomada do pensamento científico, iniciado pelos gregos e abandonado, mas admirado, pelos romanos. Com a ascensão do Cristianismo, o já

[292] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

decadente estado da Ciência, no final da Era romana, iria entrar em verdadeiro colapso, pela total oposição à continuação dos ensinamentos e estudos da Antiguidade pagã, cultura a ser banida por contrária e perigosa à Verdade revelada. A dogmática intolerância impediria o renascimento da cultura clássica, tanto mais que as obras que escapariam à pilhagem e a incêndios criminosos deveriam ser guardadas e mantidas fora do alcance de eventuais interessados. A tarefa de descrédito, demolição e esquecimento da cultura helênica levaria a uma situação de desconhecimento, já a partir do século VI, do acervo construído pelo gênio grego, objetivo perseguido pelos que tencionavam impor uma nova cultura. Agostinho (354-430), o mais influente teólogo de todo esse período, explicitaria a posição dos cristãos: "quando se pergunta em que devemos acreditar, não é necessário sondar, no que se refere à Religião, a natureza das coisas, como faziam aqueles que os gregos chamam "physici"; também não é preciso preocupar-se, a menos que o cristão ignore a força e o número dos elementos, o movimento, a ordem e os eclipses dos corpos celestes, a forma dos céus; as espécies e as naturezas dos animais, plantas, pedras, fontes, rios, montanhas; a cronologia e as distâncias; os sinais de aproximação de tempestades e milhares de outras coisas que os filósofos descobriram ou pensam ter descoberto... Basta aos cristãos acreditar que a causa única de todos os seres e coisas que foram criados, sejam celestiais ou terrestres, visíveis ou invisíveis, é a bondade do Criador..."[293].

Diante de tais declarações, é compreensível concluir que não seria tolerada a investigação filosófica, nem admitida a liberdade de pensamento. Como a maior preocupação era a salvação da alma pela graça, não entraria na cogitação dos teólogos estudiosos a especulação intelectual. A prioridade absoluta era a da preparação moral do indivíduo para alcançar a vida eterna, que não poderia ser confrontada por especulações intelectuais ou de outra ordem, que desviariam o crente do caminho correto da salvação. O exclusivismo religioso e a pureza doutrinária, herdados do Judaísmo, rejeitariam qualquer contacto com ideias e sistemas filosóficos não-cristãos, considerando-os profanos e sem valor. Como explicou Colin Ronan, "... já que a Ciência, no mínimo, significava voltar às fontes gregas, aos ensinamentos pagãos, seria pelo menos prudente deixá-la de lado para que a mente não ficasse contaminada por ideias perigosas, prejudicando as almas cristãs...".

[293] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

A Idade Média seria o Período dos Teólogos, dos Doutores da Igreja, mas não dos cientistas. Ao longo desses sete séculos, não surgiriam nomes da Ciência, nem haveria progresso na evolução do espírito científico. Agostinho não escreveria nada em matéria de Ciência, não consta ter feito qualquer observação científica, defenderia a prioridade da Fé sobre o conhecimento, que, por seu turno, era divino, e se esmerou em denegrir, desacreditar e combater qualquer iniciativa tendente a cultivá-la.

Enquanto prevalecesse um clima absolutamente hostil e avesso à especulação filosófica e ao pluralismo intelectual, estaria impossibilitado o ressurgimento de um espírito racional, lógico, analítico e crítico, essencial para o avanço científico. A atmosfera prevalecente condenaria a investigação e o pensamento independente. A situação, já caótica, era tanto mais grave porquanto o próprio conhecimento antes adquirido era subtraído dos poucos centros de estudo, ficando esquecidos nas estantes das bibliotecas de algumas ordens religiosas. Assim, além de se opor ao desenvolvimento de uma mentalidade investigativa e interpretativa dos fenômenos, a Igreja se encarregaria, de forma consciente e sistemática, de destruir, ou tentar destruir, todo o cabedal cultural da Antiguidade pagã.

As principais fontes do conhecimento, para os eruditos e estudiosos medievais, até o século XII, eram: o *Timeu*, de Platão; algumas obras de Lógica de Aristóteles; a *Matéria Médica*, de Dioscórides; o resumo do *De Rerum Natura*, de Lucrecio; o *De Architectura*, de Vitrúvio; o *Quaestiones Naturales*, de Sêneca; a *Historia Naturalis*, de Plínio; a *In Somnium Scipionis*, de Macróbio (395-423); o *Satyricon, sive De Nuptiis Philologiae et Mercurii et de Septem Artibus Liberalibus*, de Marciano (século V); obras sobre Artes liberais, (Matemática e Astronomia) e comentários sobre Aristóteles e Porfírio, de Boécio (480-524); obras sobre Artes liberais, de Cassiodoro (490-580); o *De Natura Rerum* e *Etymologiarum sive Originum*, de Isidoro de Sevilha; e o *De Rerum Natura* e *De Temporum Ratione*, de Beda (673-735).

A reação a esse estado de coisas, que começou a se esboçar nos séculos XI e XII, proveio de alguns membros da própria Igreja, única instituição capaz de contar com pessoas suficientemente cultas e motivadas intelectualmente para buscar entender, racionalmente, a Fé. Não se tratava de questionar as verdades religiosas, mas de sujeitá-las à análise. Anselmo resumiria magistralmente, pela primeira vez, esse anseio: "Parece-me descuido se, depois de firmarmos a nossa fé, não lutarmos para compreender aquilo

em que acreditamos". São, ainda, de Anselmo, *Monológio* ou *O Fundamento Racional da Fé* e o *Proslógio* ou *A Fé buscando apoiar-se na Razão*.

O uso da Razão para defender a Fé foi tese, igualmente, de Abelardo, professor de lógica e autor de *Sim e Não*, *Introdução à Teologia*, *Tratado sobre os Gêneros e as Espécies*. Eruditos e teólogos importantes, como Silvestre II (Gerberto 940-1003), Anselmo (1033-1109), Gilberto de la Porrée (1070-1154), Abelardo (1079-1142), Bernardo de Chartres (século XII), Thierry de Chartres (?-1150), Hugo de São Vítor (1097-1146) e João de Salisbury (1120-1180), devem ser citados como exemplos pioneiros dessa atitude inovadora, responsável por decisivos desdobramentos do processo da evolução mental. Apesar da resistência, e mesmo oposição, da Igreja, as novas ideias e atitudes receberiam crescente número de adeptos. João de Salisbury, no *Metalogicon* (1159) citaria a Bernardo de Chartres; "somos como anões sentados sobre os ombros de gigantes para ver mais coisas que eles e ver mais longe, não porque nossa visão seja mais aguda ou nossa estatura maior", ideia que, glosada por Newton, se tornaria famosa.

São marcos iniciais importantes desse novo espírito, que começou, timidamente, a fundação da Escola de Chartres, por Fulbert, no início do século XI, da Escola de Bolonha (1088), da Escola de Salerno (1150), junto ao hospital da cidade, da Escola de Medicina de Montpellier, em 1137, da Universidade de Oxford (1186) e a criação, por Hugo de São Vítor, junto à abadia agostiniana de São Vítor, de uma Escola para a qual propôs uma educação racional, concentrada na realidade do Mundo natural; essa Escola, com uma nova concepção de educação, seria a origem da Universidade de Paris (1170). Autor da primeira suma medieval (1130), enciclopédia voltada para a compreensão de toda a realidade, Hugo defendia o aprendizado laico, inclusive como necessário para a contemplação religiosa, e declarava "aprendei tudo, pois mais tarde vereis que nada é supérfluo"[294].

Na Espanha, Pedro Afonso (século XII) estudou as tabelas astronômicas de al-Khwarizmi, e em sua famosa *Disciplina Clericalis* criticou a divisão das sete Artes liberais e a substituiu por uma ordem mais favorável às Ciências exatas: Lógica, Aritmética, Geometria, Medicina, Música, Astronomia e Filosofia ou Gramática.

Essas indagações filosóficas e esse movimento por um melhor e renovado ensino no interior da Igreja são indícios do surgimento, ainda que incipiente,

[294] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

tímido e controlado, de uma nova mentalidade, inquisitiva, analítica e investigativa, que ganhará espaço nos séculos seguintes.

4.3.5 Descoberta da Cultura Grega - Traduções

O final da Alta Idade Média testemunhou, além do início de uma curiosidade intelectual e da expansão do ensino – de importantes consequências –, a descoberta da cultura da Antiguidade Clássica, especialmente da Grécia, outro acontecimento de grande repercussão na História da Ciência.

Os estudiosos viviam numa atmosfera que inibia o desenvolvimento de uma mentalidade aberta à controvérsia, frustrando o ressurgimento da pesquisa, da investigação e da experimentação científicas. Desconheciam-se a Filosofia e a Ciência gregas. No pobre cenário cultural da Idade Média, a Ciência seria a grande ausente. As prioridades intelectuais eclesiásticas permaneceriam imutáveis e inquestionáveis, até que, no dizer de Colin Ronan, a bomba intelectual do ensino grego original explodisse no Ocidente, no século XII. A tão baixo ponto chegara a cultura científica na Europa que, ao tomar conhecimento das obras e realizações de outras culturas, como a chinesa e a árabe islâmica, os europeus, mesmo diante do medíocre nível científico alcançado por essas civilizações, ficariam entusiasmados, e até admirados, com o aporte recebido.

A preservação da cultura helênica se deu, fundamentalmente, através dos árabes (que a receberam dos nestorianos cristãos) e do Império Bizantino, cujos sábios, eruditos e escribas, ao copiar e ao comentar algumas obras filosóficas e científicas gregas, tornariam possível, a partir do século XII, a divulgação, ainda que criteriosa e restrita, desses trabalhos. Inicialmente traduções latinas de textos árabes (Álgebra, de al-Khwarizmi, Óptica, de al-Haythan, ou comentários árabes sobre Aristóteles), mais tarde os textos gregos estariam disponíveis no original ou em latim.

Uma das principais e primeiras fontes foi a capital de Castela – Toledo, reconquistada, em 1085, por Afonso VI. A Espanha, além de importante centro da cultura árabe, fora importante ponto de contacto entre os mundos cristão e muçulmano, facilitado por uma população moçárabe, cristãos assimilados aos mulçumanos, que conheciam árabe e latim, e de grande colônia judia (trilíngue). No século XII, sob a direção do bispo Raimundo, foi criado um grande centro de tradução do árabe para o latim, que atraiu estudiosos

de várias partes da Europa. Vários nomes de tradutores se sobressairiam, como Adelardo de Bath (1090-1150), Gerardo de Cremona (1114-1187), Robert de Chester (século XII), Hugo de Santalla (1119-1151), Platão de Tívoli, Rodolfo de Bruges, Juan de Sevilha, Santiago de Veneza, Eugenio de Palermo, Miguel Escocês (1175-1237), Alfredo de Sarechel, Hermann da Dalmácia e Guilherme de Moerbecke (século XIII)[295].

O judeu convertido Juan de Sevilha traduziu para o espanhol, e o diácono Domingo Gondisalvo para o latim a *Álgebra*, de al-Khwarizmi; Hermann, o Dálmata, traduziu o *Planisfério*, de Ptolomeu, e Robert de Chester, o *Corão* e a *Álgebra*, de al-Khwarizmi. O mais eminente tradutor de Toledo foi Gerardo de Cremona (1114-1187), que verteu (1175) o *Almagesto*, de Ptolomeu, além de obras de Arquimedes, Apolônio, Diocles, Aristóteles (*Física*, *Meteorológicas*, *Do Céu e do M*undo, *Da Geração e da Corrupção*) e textos de Hipócrates e Galeno. Adelardo de Bath (1090-1150) traduziu (1142) Euclides para o latim, e Michael Scot (1175-1237) verteu para o latim os comentários de Ibn Ruchd (Averróis) sobre uma série de obras de Aristóteles. Um dicionário árabe-latim, do século XII, de autor desconhecido, teria ajudado nesse intenso trabalho de tradução.

O monge Constantino, o Africano, no Mosteiro de Monte Cassino, traduziria (século XI) obras árabes de Medicina, de Ali Ibn al-Abbas, de Ibn al-Jazzar e de Ibn Imram, além de textos de Hipócrates e de Galeno.

Outro importante centro de tradução das obras gregas, do árabe ou do grego para o latim, seria a Sicília, reconquistada pelos cristãos em 1091, após 130 anos de dominação árabe. Aí, além de serem correntes tanto o idioma árabe quanto o latim, falava-se, igualmente, o grego, dado que havia, ainda, várias colônias de origem helênica no Sul da Península Itálica e na Sicília. Sob o patrocínio de Frederico II, da Sicília, desenvolveu-se um grande interesse pelas obras gregas, com traduções, de Henricus Aristipus (Aristóteles), Bartolomeu de Messina, Moisés Farachi, Burgúndio de Pisa, entre outros. Por essa época, um grande número de carregamento marítimo de documentos chegaria à Itália, vindo de Bizâncio, que fora capturada, em 1204, pelos cristãos (Quarta Cruzada), aumentando significativamente a biblioteca de obras gregas no Ocidente.

Em meados do século XII, foram traduzidas algumas obras de Aristóteles (*Física*, *Metafísica*, *De Anima*, *Meteoros*, *De Coelo et Mundo*, *De*

[295] CROMBIE, A. C. *Historia de la Ciencia.*

Generatione et Corruptione, *Analiticos*), *Elementos*, *Óptica* e *Catóptrica*, de Euclides, *Pneumatica*, de Herão, *Aforismos*, de Hipócrates, *Cônica*, de Apolônio, diversas obras de Arquimedes, o *Almagesto*, de Ptolomeu, vários tratados de Galeno e de Diocles (*De Speculis Comburentibus*). Vale recordar que Platão fora traduzido no século IV por Calcídio, e algumas obras de *Lógica* de Aristóteles, por Boécio, e a *Materia Medica*, de Dioscórides, no século VI[296].

Além desses autores gregos, foram também vertidas para o latim várias obras árabes, como as de Jabir Ibn al-Hayyan sobre Alquimia, de al-Khwarizmi sobre Matemática e Astronomia, de al-Kindi, de Thabit Ibn Qurra, de al-Razi sobre Química (*De Aluminibus et Salibus)* e sobre Medicina (*Liber continens*), de al-Farabi (*Distinctio super librum Aristotelis de naturali auditu*), de Ali al-Abbas (*Liber regalis*) sobre Medicina, de Alhazem (*Opticae Thesaurus*), de Avicena (*Canon, De Mineralibus*, e comentários sobre Aristóteles), de Alpetragius (*Liber Astronomiae*), de Averróis (*Comentários sobre a Física, De Anima, De Coelo et Mundo* e outras obras de Aristóteles).

Judeus também se especializaram nessa tarefa, por seus conhecimentos do árabe. As traduções incluíam tanto obras gregas (Aristóteles, Hipócrates, Ptolomeu, Euclides, Apolônio, Galeno e outros) quanto árabes (al-Khwarizmi, Avicena, Averróis). O movimento, intenso e sistemático, de tradução, mobilizou intelectuais de toda a Europa ocidental, o que já evidencia um progresso importante em relação aos limitados contatos de séculos anteriores.

Assim, do século X ao XII, as traduções de obras gregas e árabes serviram de intermediários entre a Ciência grega e o Ocidente. Por eles passou a grande massa de textos que, no século XII, estiveram na base da renovação intelectual do Ocidente. Essa transmissão abrangeu diversas disciplinas: Matemática, Astronomia, Mecânica, Óptica, Medicina. Ao mesmo tempo, a tradução de obras árabes trouxe ao Ocidente conhecimentos que não constavam do saber helênico, como numeração decimal, procedimentos algébricos e elementos trigonométricos na Matemática, e investigações no campo da Alquimia. Como transmissores de conhecimentos orientais (China, Índia), principalmente hindus, os árabes prestaram uma contribuição adicional ao desenvolvimento científico ocidental.

[296] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

A atividade de tradução se reduziria substancialmente no século XIII, devendo ser mencionada a revisão e tradução completa da obra de Aristóteles, por Guilherme de Moerbeke, a pedido de Tomás de Aquino.

4.3.6 A Ciência na Europa Ocidental Latina

A não ser no século XII, quando surgiram os primeiros indícios e sinais de novos tempos, que prenunciariam um futuro renascimento cultural e intelectual, os demais séculos da Idade Média nada produziram em matéria que possa significar modificação de mentalidade e de progresso científico. A estagnação cultural, o marasmo intelectual, o dogmatismo moral e a estreiteza mental, dominantes nessa nova ordem social, sufocariam, por séculos, eventuais aspirações e cogitações que pudessem pretender surgir, alterando esse estado de coisas. A Ciência, nesse Período Histórico, é, assim, extremamente pobre, limitada e irrelevante, merecendo, da parte de alguns estudiosos da História, mera referência de pé de página. Na falta de espírito científico, impulsionador e orientador do estudo, da investigação e da experimentação, não seria possível o desenvolvimento da Ciência.

Nessas circunstâncias, esse Período Histórico não registra cientistas, limitando-se o ensino das Ciências à Aritmética, à Geometria e à Astronomia, matérias do currículo do *Quadrivium* (cuja reforma fora defendida por Marciano Capella), e que seriam as primeiras Ciências a se desenvolver. Nenhuma obra original nos diversos campos da Ciência foi atribuída a esse Período Histórico da Europa medieval.

A concepção platônica do Universo, utilizada pelos Doutores da Igreja para reforçar seus ensinamentos, prevaleceria por todo esse Período medieval, vindo esse quadro a ser alterado somente a partir do século XIII, já no início do Renascimento científico, quando as então conhecidas obras de Física, de Aristóteles, e de Astronomia, de Ptolomeu, seriam divulgadas e ensinadas.

Por sua visão de intelectual e de precursor do espírito científico, cabe mencionar que Thierry de Chartres, em seu *De Septem Diebus et Sex Operum Distinctionibus*, ao tentar uma explicação racional da criação do Mundo em seis dias, declarou terem sido os quatro elementos criados por Deus no primeiro instante, após o que o fogo teria começado a girar, devido à sua leveza, e a iluminar o ar, surgindo o dia e a noite; na segunda rotação do céu, o fogo teria aquecido as águas interiores, provocando vapores que subiram, formando as chamadas águas acima do firmamento (segundo dia); a redução da quantidade

de águas interiores faria surgir a terra seca (terceiro dia), enquanto que o aquecimento das águas acima do firmamento formaria os corpos celestes (quarto dia); o aquecimento da terra e as águas interiores produziriam a vida das plantas, dos animais e dos humanos (quinto e sexto dias)[297]; Thierry sustentaria, igualmente, ser impossível entender a História do Gênese sem a formação intelectual do *Quadrivium*, isto é, sem o domínio da Matemática, porque toda a explicação racional do Universo dependia da Matemática[298].

4.3.6.1 Matemática

O conhecimento da Matemática na Idade Média se limitava, praticamente, à Aritmética, e se baseava nas obras de Marciano Capella (século V), Boécio (século VI) e Cassiodoro, até a tradução de obras de Euclides, Apolônio, Arquimedes, al-Khwarizmi e alguns outros. O sistema de numeração hindu, com o símbolo do zero, seria introduzido no Ocidente a partir das traduções de obras árabes desde o século XII, e gradualmente seria adotado nos meios intelectuais e comerciais. O erudito Gerberto de Aurillac (940-1003), futuro Papa Silvestre II, se bem que não possa ser considerado um cientista, interessou-se pela Matemática e pela Astronomia, tendo sido responsável pela introdução do ábaco na Matemática ocidental , e conheceu as obras de al-Khwarizmi, construiu instrumentos astronômicos e possuiu um astrolábio.

O judeu espanhol Abraão bar Hiyya, conhecido como Savasorda (século XII), além de tradutor de obras astrológicas de Ptolomeu, das *Esféricas* de Teodósio e de *Do Movimento das Estrelas*, de al-Battani, seria autor de *Liber embadorum*, primeira obra em latim de equações de 2° grau, da qual se utilizará, no século seguinte, Leonardo Fibonaci ou Leonardo de Pisa[299].

4.3.6.2 Astronomia

No campo da Astronomia, algumas observações dos corpos celestes, com o propósito religioso, mas sem cunho científico, foram efetuadas em alguns mosteiros e centros de ensino da Igreja[300]. A obra de Ptolomeu e de

---

297 LINDBERG, David C. *Los Inicios de la Ciencia Occidental.*
298 CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*
299 TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
300 PANNEKOEK, Anton. *A History of Astronomy.*

astrônomos árabes só seria conhecida a partir do século XII. Além do mencionado interesse revelado por Gerberto, haveria muito pouco a registrar, como os estudos de Beda, o Venerável, com o objetivo de fixar datas religiosas e calendário, e algumas tabelas astronômicas, conhecidas como tabelas toledanas, na realidade preparadas pelo árabe al-Zarqali.

O problema do Calendário cristão era devido a ser uma combinação do Calendário solar juliano, baseado no movimento anual da Terra, relativo ao Sol, e do Calendário hebreu, baseado nas fases mensais da Lua. O ano, e suas divisões em meses, semanas e dias, pertencia ao Calendário solar, porém a Páscoa se fixava do mesmo modo que a Páscoa judia, ou seja, pelas fases da Lua, o que a tornava uma data móvel. Para o cálculo da data da Páscoa era necessário combinar a duração do ano solar com a do mês lunar. A dificuldade básica do cálculo era que a duração do ano solar, o mês lunar e o dia são incomensuráveis, isto é, nenhum número de dias pode ser um número exato de meses lunares ou anos solares, como nenhum número de meses lunares pode fazer um número exato de anos solares. Para relacionar as fases da Lua com ano solar, em termos de dias inteiros, era necessário estabelecer um Calendário, com um sistema de ajustamento *ad hoc*. O tema era debatido nos concílios, sem se chegar a uma solução. No século IV, se generalizou a ideia de um ciclo de 19 anos, considerado igual a 235 meses lunares. A maneira de determinação do ciclo criava problemas, sendo a Páscoa celebrada em Roma e Alexandria em datas diferentes das da Espanha e da Irlanda[301]. O trabalho de Beda seria utilizado, em 1582, na reforma gregoriana do Calendário.

A principal contribuição de Beda nesse assunto foi no *De Temporibus*, escrito em 703, no qual, além de mostrar como utilizar o ciclo de 19 anos para cálculo da data da Páscoa, tratou de cálculo aritmético, cronologia histórica e cosmológica e de fenômenos astronômicos. Vale consignar que o erudito Rábano Maurus (784-818), na Alemanha, efetuou, também, cálculos com o mesmo intuito de fixar data para a Páscoa.

No *De Temporum Ratione* (725) escreveu Beda sobre as marés, que eram provocadas pela atração da Lua, explicou que o vento poderia adiantar ou atrasar a maré, e foi o primeiro a se referir ao estabelecimento de um porto, ou seja, o atraso na ocorrência da maré pode ser diferente em portos da mesma costa, pelo que seria conveniente que fosse tabulada, em separado, por porto.

[301] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

Em Mecânica celeste, era entendimento geral, seguindo Platão, de que o movimento dos corpos celestes era devido a que, sendo o Universo esférico, possuía um movimento próprio de rotação eterno, uniforme e circular ao redor de um centro fixo, como se podia observar na rotação diária das estrelas fixas. As diferentes esferas em que se encontravam fixados os sete planetas (Lua, Sol, Vênus, Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno) giravam em velocidades uniformes, de maneira que representavam os movimentos observados destes corpos. Cada uma dessas esferas teria sua própria alma, que era a causa do movimento[302].

A Astrologia, como praticada no período de decadência da civilização grega e pelos árabes, não fora difundida na Europa medieval latina até o século XIII. Havia uma crença em poderes mágicos dos corpos celestes, inclusive sobre o corpo humano, uma superstição de que os animais, vegetais e minerais possuíam propriedades ocultas. Isidoro de Sevilha acreditava em forças mágicas da Natureza, recomendava aos médicos estudarem a influência da Lua sobre a vida animal e vegetal, mas distinguia a Astrologia do estudo e observação dos astros daquela supersticiosa, de crença em horóscopos[303]. Agostinho, preocupado com as implicações sobre o livre arbítrio, seria um crítico e opositor, sem grande sucesso, da Astrologia, pois sua prática se expandiria a partir do século XIII.

4.3.6.3 Física

No campo da Mecânica, a queda e o movimento ascendente dos corpos eram explicados de acordo com o *Timeu*, supondo que os corpos de mesma natureza tendiam a se manter juntos. Uma parte de qualquer elemento tendia, assim, a se reunir com a massa principal: uma pedra caía em direção da esfera terrestre no centro do Universo, enquanto que o fogo subia para alcançar a esfera ígnea no limite extremo do Universo. A teoria platônica era conhecida por Johannes Scotus (Erígena), que afirmava que o peso e a velocidade variariam com a distância à Terra, centro de gravidade. Abelardo de Bath afirmaria que se jogando uma pedra por um buraco que passasse pelo centro da Terra, a pedra cairia somente até o centro. A concepção de Platão e de Aristóteles de que não haveria vácuo no Universo era adotada;

---

[302] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*
[303] CROMBIE, Alistair. C. *Historia de la Ciencia.*

como o espaço era *plenum*, o movimento deslocaria um corpo e ocuparia seu lugar.

4.3.6.4 Química - Alquimia

No campo da Química teórica, não surgiu nenhuma obra digna de registro, situação perfeitamente compreensível, dado que não havia antecedentes a respeito, nem ambiente propício para tanto. A Matemática, limitada a uma Aritmética elementar, e a Física, sem qualquer base experimental, e de cunho especulativo, não podiam servir de apoio a formulações numa área mais complexa, a qual, para se desenvolver, requeria um embasamento teórico, desconhecido na época. A atividade teria de se limitar, em consequência, ao terreno prático, no qual permaneceria, num estágio inicial, por todo o período. A falta de estudos teóricos contribuiria para esse lento avanço na Química prática.

Ao mesmo tempo, desconhecia-se o pensamento alquímico, o qual, já cultivado no mundo árabe, chegaria à Europa latina somente a partir do século XII, através de traduções. O primeiro livro de Alquimia traduzido para o latim foi o *Livro da Composição da Alquimia* (*De Compositione alchimiae*), de Khalid Ibn Yazid, por Robert de Chester, em 1144. Por essa época, seriam traduzidos os *Setenta Livros*, do mesmo Yazid, por Gerardo de Cremona, bem como dois livros hispano-árabes, de um pseudo Rasi, intitulados *De aluminibus et salibus* (*Sobre o Alumínio e os Sais*) e *Líber luminis luminum* (*Livro da Luz das Luzes*)[304]. Ainda no século XII, seriam traduzidos o *Segredo dos Segredos* de Rasi, o *Segredo da Criação*, de Balinus (Apolônio de Tiana), o *De Anima*, de Avicena, e *Tábua de Esmeralda* e *Turba Philosophorum*, de autores desconhecidos. A Alquimia ganharia muitos adeptos no início do Renascimento científico, devido, em parte, ao interesse dos metalúrgicos de conhecerem novos processos, que poderiam introduzir melhorias na qualidade de seu produto.

Alguns trabalhos de Química prática seriam traduzidos, desde o século VIII, como o *Compositiones ad tinguenda* (750), receituário de técnicas para lidar com metais e tinturas e para colorir mosaicos e peles. O *Mappae Clavicula* (*Chave para pintar*) e *Sobre as Cores e as Artes dos Romanos* (de Heraclius) foram traduzidos no século X, e a *Lista de Várias Artes*, do

---

[304] ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. *Da Alquimia à Química.*

monge Teófilo, no século XI. Essas obras tratavam de técnicas de dourar e tingir, de fabricar vidro e de trabalhar metais[305], sem apresentar conhecimento de Química teórica.

4.3.6.5 Biologia - Medicina

Dado o desinteresse generalizado pelo estudo e pesquisa, a Biologia, a exemplo das outras áreas da Filosofia Natural, foi abandonada. Nenhuma contribuição foi acrescentada ao que já se conhecia no domínio da Botânica e da Zoologia. Não foram revelados, até hoje, textos de estudos e pesquisas em História Natural e em Biologia, limitando-se os médicos, em Anatomia, por exemplo, a teorias antigas, geralmente originadas de dissecação

A Medicina, que desconhecia Anatomia e Fisiologia, regrediu, sob alguns aspectos, a uma fase anterior a Hipócrates, Herófilo e Erasístrato, voltando-se à prática da bruxaria, da superstição e dos santos milagreiros.

As atividades médicas, restritas, praticamente, a hospitais, em mosteiros e abadias, na maioria das vezes praticada por monges e prelados, sem embasamento científico e limitadas a um diagnóstico calcado em exame sintomatológico superficial e inadequado, em nada contribuiriam para o avanço no tratamento e na cura das doenças. A Medicina medieval seria, basicamente, monástica, servindo os mosteiros (Itália, Gália, Espanha, Irlanda) de centro de ensino médico. Desconhecendo os ensinamentos de Hipócrates e outros médicos gregos e latinos, a Igreja desenvolveria uma teoria própria das doenças, as quais seriam devidas a uma punição por pecados cometidos, à ação do demônio, ao resultado de uma feitiçaria ou a forças invisíveis que atuavam na Natureza[306]. Apesar da origem sobrenatural da doença, era admitida a cura por interferência divina. Em consequência, passou-se a recorrer a métodos terapêuticos, como a prece, penitência, amuletos e apelo aos santos. A cura obtida equivalia a um milagre. O uso da Medicina secular era aceito, mas era combatida sua valorização e a falta de reconhecimento do poder curativo dos santos.

A fundação (1150) da Escola de Medicina, em Salerno, onde foi praticada, por pouco tempo, a dissecação de cadáveres, depois de mil anos de interdição, marcou o início, ainda que precário e muito incipiente, da

---

305 LEICESTER, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*

306 LIMA, Darcy. *História da Medicina.*

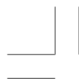
Medicina na Europa medieval ocidental[307]. Alguns textos teóricos seriam produzidos em curto prazo, influenciados pelas primeiras traduções (Hipócrates, Galeno) de Constantino, o Africano, como o primeiro tratado medieval de cirurgia, devido, em 1170, a Ruggero Frugardi, da referida Escola. A Escola de Montpellier, fundada no século IX, seria, em 1137, denominada Universidade de Estudantes e Mestres.

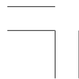
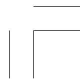
A abadessa Hildegarda, de Bingen, (1098-1178), mística e santificada, autora do *Causae et Curae*, é citada como pioneira no estudo da Medicina. A concepção de uma relação entre o Universo, macrocosmo, e o indivíduo humano, ou microcosmo, já esboçada no *Timeu,* de Platão, seria aceita na Idade Média, e estaria refletida na referida obra de Hildegarda, ao sustentar um vínculo entre o corpo humano e partes do Cosmos; assim, a cada planeta era atribuída uma influência particular sobre os órgãos do corpo humano: Marte e Vênus agiriam, por exemplo, sobre os órgãos genitais masculinos e femininos, respectivamente. A patologia humoral da Medicina de Galeno dos quatro humores (sangue, fleuma, bíles amarela (hepática) e bíles negra(do baço), estava influenciada, igualmente, pelos movimentos dos corpos celestes, e, segundo a referida abadessa Hildegarda, pelos quatro elementos fundamentais: o fogo correspondia ao cérebro e à medula, o ar à respiração e à razão, a água ao sangue, e a terra aos ossos e tecidos.

As obras de Dioscórides (*De Materia Medica*) e de Plínio (*Historia Natural*) foram, por muito tempo, as fontes principais do conhecimento biológico e médico. *Ciência das Plantas*, de Wahlafrid Strabo (808-849), o *Livro dos Remédios*, de Lorsch, atribuído ao abade Richbodo (século VIII), *Liber Regalis*, enciclopédia médica de Ali al-Abbas, traduzida por Constantino, o Africano, e Estevão de Antióquia, no século XI, e o famoso *Cânon*, de Avicena, por Gerardo de Cremona, o *Aforismos*, de Hipócrates, por Burgúndio de Pisa, bem como Galeno, vertido por Gerardo de Cremona e Burgúndio de Pisa, no século XII, ampliariam o conhecimento médico da época, sem significar terem incentivado a pesquisa e o estudo biológicos.

---

[307] MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*



Capítulo V - O Renascimento Científico

O Período Histórico, na Europa ocidental, compreendido entre, aproximadamente, o início do século XIII e o final do século XVI, correspondeu, na História da Ciência, ao que se pode chamar de Renascimento científico, quando ocorreram grandes transformações de ordem social, política, econômica, filosófica, religiosa, cultural e técnica. Os limites principais dessa época não podem, portanto, limitar-se a um ou dois acontecimentos políticos ou sociais, mas a uma gama de mudanças nos vários campos, que caracterizariam a transição de uma Sociedade feudal para uma semicapitalista; como para outras épocas históricas, seria, por conseguinte, inconveniente e imprópria a demarcação deste período com datas exatas.

O impacto dessas transformações sobre os costumes e a mentalidade da época, ressalvadas as peculiaridades regionais, seria de grande alcance, realçando a grande diferença, nos diversos domínios, entre o Período do Renascimento científico e o da Idade Média. Exemplos de algumas das transformações significativas[308] dessa época pré-capitalista seriam o renascimento urbano e comercial, o início da economia monetária, o surgimento da burguesia, o debate filosófico nas universidades e a Escolástica, a crise do sistema feudal e da Igreja de Roma, o fortalecimento das monarquias, a formação dos Estados nacionais, a descoberta de novas terras,

[308] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

rotas, flora e fauna, o desenvolvimento técnico. E mais: a cultura greco-romana, que influenciara, via Platão, a formulação, através de Agostinho (*A Cidade de Deus*) da síntese teológica da Idade Média, influenciaria, novamente, desta vez através de Aristóteles, a nova síntese, exposta na *Suma Teológica* de Tomás de Aquino, a qual, por sua vez, enfrentaria sérias críticas e objeções, a partir do século XVI.

Dessa forma, as sementes lançadas na Idade Média, particularmente na fase de apogeu do feudalismo (séculos XI-XII), começariam a dar frutos nos séculos seguintes, bem como os importantes avanços ocorridos nos séculos XIII e XIV, nos diversos campos da atividade humana, seriam os germes das grandes transformações iniciadas em meados do século XV.

A fim de facilitar a exposição do tema, o exame do Renascimento científico será dividido em duas partes. A primeira, relativa aos séculos XIII e XIV, seria palco de inquietação e renovação cultural no Ocidente latino, após séculos de relativa estagnação. O debate filosófico desencadeado por pensadores do quilate de Anselmo e Abelardo, e a introdução de obras da Filosofia e da Ciência gregas, que haviam sido traduzidas ao latim na Sicília e em Castela, seriam os principais promotores da renovação cultural e mental de importante segmento da Sociedade europeia. Príncipes esclarecidos, como o Imperador Frederico II, da Alemanha, e Afonso X, de Castela, promoveriam a difusão e o estudo do conhecimento científico, ao mesmo tempo em que apareceriam, na Europa, os primeiros filósofos naturais, como Alberto Magno, Grosseteste, Roger Bacon, Pierre de Maricourt e Pedro de Abano[309]. Membro proeminente da Igreja Romana, Tomás de Aquino formularia a nova Doutrina Cristã, a qual seria marco fundamental no processo de reforma da mentalidade de uma Sociedade católica. A curiosidade e a necessidade de compreensão do Mundo natural trariam à discussão temas e conceitos, até então tabus, em busca de uma conciliação entre a Razão e a Revelação, que transbordaria dos domínios da Igreja para alcançar as universidades e os meios culturais.

Iniciado, portanto, com a descoberta, o estudo, a valorização e os comentários sobre a cultura grega, o processo evolutivo do conhecimento científico se acentuaria nos séculos seguintes, em vista das novas condições nas esferas social, política, econômica, cultural, religiosa e outras. Ao final do século XIII, já começariam a surgir as primeiras sementes para uma futura

[309] ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

renovação de mentalidade nos círculos intelectuais, na Europa ocidental, o que conduziria a uma retomada do espírito científico, ausente desde a decadência da civilização helênica.

A segunda parte do Renascimento científico corresponde aos séculos XV e XVI, palco de extraordinário avanço no conhecimento científico, em vista das novas e favoráveis condições sociais, políticas, econômicas e culturais. Um ritmo bastante mais acelerado de estudos e pesquisas daria frutos imediatos e evidenciaria contradições entre a realidade do Mundo natural e preceitos inquestionáveis. Por influência de progressos e desenvolvimento em diversas áreas, como a invenção da tipografia e a descoberta de um Novo Mundo pelas grandes navegações marítimas, os homens dedicados às atividades no campo da Filosofia Natural passariam a valorizar a experimentação como método de trabalho e de pesquisa, não confiando, como antes, prioritariamente, ou exclusivamente, nos ensinamentos das Autoridades do passado, que, em muitos casos, se mostraram equivocadas. Surgiriam, portanto, os primeiros ensaios de formulação de uma metodologia, indício de que, a par do desenvolvimento das diversas Ciências, um pensamento científico, que passaria a orientar os estudos e as pesquisas, estava em gestação[310].

Assim, o avanço da Ciência nesses dois séculos foi de tal magnitude, já em função do embrionário espírito científico, que sua evolução deve ser examinada em separado da ocorrida na fase anterior, porquanto há uma diferença qualitativa importante nessa evolução, no que se refere às atividades e aos enfoques científicos. A evolução foi tão rápida, ampla e profunda que, além de alargar o fosso entre o conhecimento dessas épocas, contribuiria para a formação de uma nova mentalidade, geradora de uma Sociedade dinâmica e inquisitiva com uma nova visão do Mundo.

Em todos os domínios, as transformações e mudanças foram profundas, alcançando a Sociedade europeia ocidental, ao final do período, um patamar cultural, social e econômico muito mais elevado que em seu início, superando, inclusive, com vantagem, o nível cultural de civilizações contemporâneas, como a chinesa, a árabe, a hindu e a bizantina. Pioneiras atividades de investigação e de estudos em Matemática, Astronomia, Óptica, Mecânica, Botânica, Zoologia e Anatomia humana, desenvolvidas nessa segunda fase, seriam responsáveis por extraordinários avanços, como nos casos da Matemática e

[310] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

da Anatomia, e pelo início de uma verdadeira Revolução na Astronomia, bem como pela criação das bases da futura Ciência experimental.

Em consequência, o Renascimento científico deve ser entendido como expressão de um rompimento com certos valores da Idade Média, e como uma fase de transição para os tempos modernos. Apesar da continuidade das tradições e do caráter gradual das mudanças, os extraordinários acontecimentos ocorridos (como as novas descobertas, tanto da cultura clássica, quanto de um Novo Mundo, a divulgação de livros mais accessíveis, com traduções de textos religiosos e profanos, e as aspirações de uma ambiciosa nova classe urbana burguesa), propiciariam o surgimento do Homem renascentista, consciente de sua capacidade, de sua competência, e de sua criatividade. Uma nova atitude frente ao Mundo refletiria, assim, a mentalidade urbana da nova classe burguesa, que se opunha aos padrões da velha estrutura feudal. Desenvolvendo um individualismo, a que se outorgava um alto valor, e uma importante e nova psicologia (dinamismo, combatividade, audácia), o Homem renascentista privilegiaria a realização do ego individual, em detrimento do ideal cristão medieval, de sujeição da personalidade individual à coletividade. Todas essas influências forjariam um espírito leigo, secular, até então desconhecido.

Mas o Renascimento científico, como outras épocas históricas, foi um período complexo, contraditório, de transição, cheio de paradoxos. Ao mesmo tempo medieval e moderno, cristão e pagão, secular e sagrado, Ciência e Religião, o período foi um "simultâneo equilíbrio e síntese de muitos opostos"[311]. A doutrina e o poder da Igreja Romana seriam contestados, o que originaria nova divisão religiosa na Europa cristã, agora na sua parte ocidental. Palco da fabulosa Renascença artística e dos extraordinários acontecimentos e realizações, em diversos domínios, a Europa ocidental foi, igualmente, teatro de grandes guerras, revoluções e revoltas populares e lutas religiosas; houve períodos de fome e peste, e decênios de depressão econômica; magia negra, veneração ao demônio, perseguição religiosa, tortura e missa negra eram práticas usuais; a grande maioria da população continuava analfabeta, e pouco participava, e não se beneficiava dos grandes avanços sociais, culturais e econômicos; a Alquimia e a Astrologia seriam cultivadas e prestigiadas.

Assim, embora o grande legado da extraordinária cultura clássica viesse a nortear o renascimento da Filosofia Natural, baseada na lógica e na

---

[311] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

racionalidade, com o propósito de compreender os fenômenos naturais, a ele se contrapunha, contudo, uma tradição secular que se manteve atuante durante todo o período. O peso do misticismo, do dogmatismo e da superstição de alguns setores importantes da Sociedade, e da estrutura de poder da época, seria um óbice terrível que retardaria o desenvolvimento de um espírito científico e a evolução de diversos ramos da Ciência. Tais contradições, no entanto, poderiam retardar, mas não impedir o desenvolvimento da Ciência, a partir, principalmente, da segunda metade do século XVI. Ao término do período, graças às transformações ocorridas na infraestrutura e na superestrutura, desde os primeiros tempos da Idade Média, estaria a Sociedade renascentista em condições de assumir um papel de liderança no cenário internacional, que tenderia a crescer nos séculos seguintes.

5.1 PRIMEIRA FASE (SÉCULOS XIII E XIV)

5.1.1 Síntese Histórica

A primeira fase do Renascimento científico foi de grande dinamismo, de intensa efervescência e de significativas mudanças estruturais no tecido social, na ordem econômica, na organização política e no sistema cultural. O alcance e a profundidade de tais ocorrências históricas desencadeariam um processo que revolucionaria as atividades humanas nos diversos Reinos cristãos, e, em consequência, formar-se-ia uma Sociedade com expectativas, mentalidade e reivindicações bem distintas daquelas da Época feudal. De uma Sociedade de economia de subsistência, agrária, abrir-se-ia perspectiva de uma diversificada e dinâmica economia mercantil, pré-industrial e pré-capitalista.

A análise da evolução histórica desta primeira fase do Renascimento científico nos principais domínios deve contemplar importantes aspectos, como os que se seguem abaixo.

No campo político, vale mencionar: i) o absolutismo monárquico, em detrimento do poder político e militar dos senhores feudais. A perda de suas funções políticas e sociais transformaria a nobreza em mera abastada proprietária rural. Parlamentos e assembleias, quando existentes, se submeteriam, após grande resistência, à autoridade do Rei; exceção seria a Inglaterra, onde o fortalecimento do Parlamento se deveu aos problemas internos decorrentes da Guerra dos Cem Anos. No choque de interesses, a nascente burguesia mercantil urbana aliou-se à Monarquia contra os senhores

feudais, como no gradual processo de substituição da autoridade feudal pelas municipais. Essa centralização e esse absolutismo se estenderam, igualmente, ao Leste europeu, com Carlos IV, da Boêmia, Casimiro III, da Polônia, e Luiz, o Grande, da Hungria; ii) a formação dos Estados nacionais[312] (Reinos de Portugal, Castela, Aragão, Inglaterra, França, Dinamarca, Duas Sicílias, Hungria, Boêmia, Polônia e outros); exceções marcantes seriam a Itália e a Alemanha, cujas unificações ocorreram apenas no final do século XIX. Nesse processo europeu de consolidação da unidade nacional, alguns governantes[313] devem ser lembrados: da França, Felipe Augusto (1180-1223), Luiz IX (1226-1270), Felipe IV (1285-1314) e Carlos, o Sábio (1364-1380); da Inglaterra, João Sem Terra (1199-1216), Eduardo I (1272-1307) e Eduardo III (1327-1377); de Castela, Fernando III (1217-1253) e Afonso X (1253-1284); de Portugal, Afonso III (1248-1279), D. Dinis (1279-1325) e D. João I, Mestre de Aviz (1385-1433); e do Sacro Império Germânico, Frederico II (1212-1250) e Carlos IV (1347-1378); iii) o relacionamento problemático e conflitante entre alguns monarcas e o Papado, na disputa pelo poder secular. Apesar de sua enorme influência, o poder político da Igreja, pelo menos em vários Reinos, seria substancialmente reduzido; iv) as disputas hereditárias originariam a Guerra dos Cem Anos (1337-1453) entre a Inglaterra e a França, causando, entre outras consequências, queda da produção agrícola, redução demográfica e crise econômica; v) a revolta burguesa (1356-1358), chefiada por Étienne Marcel, em Paris, tentaria ampliar as atribuições do Parlamento francês, criado em 1250, e proteger as reivindicações da burguesia mercantil.

No terreno social, devem ser realçados: i) o Estado se comporia de três Ordens ou Estados: a primeira, formada pelo Clero, a segunda, integrada pela Nobreza, e a terceira, composta pela burguesia, artesãos e camponeses. Na Época feudal, as três Ordens eram a eclesiástica, a militar e a dos servos, que corresponderiam, no dizer de Adalberto, Bispo de Laon, "aos que rezam, aos que lutam e aos que trabalham"[314]; ii) a nova classe burguesa, mercantil e urbana, exerceria dinâmico papel na evolução da Sociedade da época, inclusive como força propulsionadora de reformas e de avanços sociais, políticos e econômicos; iii) o Direito romano e as tradições e costumes germânicos, frutos da evolução mental humana, ganhariam terreno e se

---

[312] THE TIMES. *Atlas da História Universal.*
[313] GIORDANI, Mario Curtis*, História do Mundo Feudal.*
[314] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

firmariam, em prejuízo de regras e mandamentos religiosos. A Justiça real predominaria para questões públicas e civis (tribunais), limitada a autoridade da Igreja às questões relacionadas com a Fé (Inquisição). A exaltação da autoridade imperial no Direito romano degeneraria, mais tarde, na doutrina do direito divino dos reis[315]; iv) a comoção social, expressa através de revoltas camponesas nas Flandres - 1310, na França, a Jacquerie – 1350, e na Inglaterra Wat Tyler - John Ball – 1381 –, contra os altos impostos e com reivindicações sociais (salário, fim da servidão, etc.). A crise econômica do século XIV explica boa parte da tensão nas relações sociais.

No domínio econômico podem ser ressaltados: i) o renascimento urbano, iniciado no século XII, com o aumento da produção e da produtividade agrícolas, crescimento demográfico e desenvolvimento do comércio. Centros urbanos passaram a ter crescente importância nos vários campos. Paris, Palermo, Nápoles, Gênova, Florença e Milão tinham mais de cem mil habitantes, e Ghent, Ypres, Bruges, Colônia, Londres, Barcelona, Metz, Bordeaux, Bolonha e Toulouse tinham cerca de trinta mil habitantes[316]. Autonomia administrativa foi gradualmente sendo alcançada através das instituições comunitárias, dirigidas, em geral, por nobres residentes, comerciantes ricos e Ligas profissionais. Com a Peste Negra (1348-1350) e outras epidemias, e a Guerra dos Cem Anos (1337-1453), as cidades sofreram tremendo impacto, muitas delas com perdas elevadas de seus habitantes, voltando, gradualmente, a se expandir no século XV; ii) o renascimento comercial, proporcionado pelo aumento da segurança (com o fim da onda invasora dos normandos, húngaros e mouros), pelo excedente acumulado da produção de alimentos, pela ruína de Bizâncio, que deixou de controlar o Mediterrâneo, e pelo estabelecimento de relações regulares com o Oriente. O Mediterrâneo, outra vez eixo econômico da Europa ocidental, promoveria o ressurgimento de Veneza, ligada aos muçulmanos, que redistribuiria os produtos vindos da Índia pela Rota das Especiarias, e de Gênova, vinculada a Bizâncio, que revenderia as mercadorias vindas pela Rota da Seda. No Norte da Europa, o mar Báltico e o mar do Norte eram dominados pelos mercadores germânicos (Liga Hanseática, sob a liderança de Lubeck, Hamburgo e Dantzig), despontando Flandres como importante centro comercial. O desenvolvimento comercial na Europa Setentrional e na

[315] STEVERS, Martin. *A Inteligência Através dos Séculos.*
[316] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

Europa meridional contribuiu para a ligação entre essas duas regiões através de rotas terrestres e fluviais, e as feiras serviam de ponto de comércio temporário; iii) a expansão comercial proporcionaria o desenvolvimento de uma economia monetária, em substituição a uma baseada em troca de produtos, e surgiriam facilidades bancárias e creditícias, cheques, seguros, saques e letras de câmbio. A penhora e o protesto, bem como progressos na escrituração e contabilidade, surgiram no século XV. Dada a oposição da Igreja às operações financeiras, os italianos de Piacenza, Siena, Florença, Lucca e da Lombardia perderiam o monopólio das operações financeiras, o que permitiria a crescente participação dos judeus, que se tornariam os primeiros e mais importantes banqueiros da Europa. As grandes empresas tinham sucursais em diversos países para incentivar o comércio, que, por sua vez, desenvolvia intensa atividade bancária. A crise econômica do século XIV afetaria o comércio e as finanças, que ressurgiriam no século seguinte com nova estrutura, em que as companhias criariam filiais juridicamente independentes; iv) o desenvolvimento fabril (armaduras de Milão e de Brescia, espadas de Toledo, cutelaria de Solingen, panos de Florença, Gand, Ypres e Norwich, linho de Cambraia, seda de Milão e Gênova)[317] exigiu a formação de empresas para atender adequadamente a crescente demanda, que não era satisfeita com a produção artesanal. O artesão deixaria de trabalhar por sua própria conta, para fabricar para um empreiteiro que o contratara, lhe fornecia a matéria-prima e lhe pagava um salário. A nascente indústria manufatureira substituiria, gradualmente, o artesanato familiar. O artífice transformou-se em operário, e o produto de seu trabalho passou a ser propriedade do empreiteiro; v) as profundas modificações, principalmente as da esfera econômica – renascimento comercial, alteração do regime de produção industrial, com a introdução da figura do operário e do sistema de salário, surgimento de instituições bancárias e de uma economia monetária – , significavam o prenúncio de uma nova ordem econômica baseada no capital; vi) o desequilíbrio entre produção agrícola e consumo provocou, no século XIV, uma situação de fome crônica que se agravaria com a Grande Fome de 1315-1317, a qual, aliada a surtos epidêmicos e à Grande Peste, reduziria drasticamente a população em várias regiões.

No âmbito cultural, devem ser citadas: i) a consolidação das línguas nacionais (português, espanhol, francês, inglês), que viriam a contribuir para

[317] SEIGNOBOS, Charles. *História Comparada dos Povos da Europa.*

a divulgação da cultura popular e da instrução básica; ii) a Renascença artística nas diversas manifestações (Literatura, Teatro, Música, Arquitetura, Escultura, Pintura); iii) a tradução, para o latim, de obras da Filosofia e da Filosofia Natural gregas, algumas com comentários de cientistas árabes; e iv) a fundação de grande número de universidades nos países da Europa ocidental e oriental, cujos currículos incluíam Filosofia Natural e Lógica.

5.1.2 Considerações Gerais

Alguns dos antes mencionados aspectos da esfera cultural, educacional, religiosa, filosófica e técnica são abaixo examinados, em vista de sua relevância para a formação do clima mental e espiritual do Homem e da Sociedade da época, e para o desenvolvimento do conhecimento científico desta primeira fase do Renascimento científico. Como a evolução da Ciência não pode ser entendida fora de seu contexto histórico amplo, é indispensável abordar, de início, aqueles elementos que mais diretamente influíram nesse processo.

5.1.2.1 Ensino e Universidades

O ensino foi um setor que apresentaria reformas indicativas de que a estrutura secular necessitava de profundas mudanças, de forma a atender as necessidades de uma nova Sociedade que emergia. O nível elementar continuaria restrito à leitura, à escrita e às contas, mas com maior divulgação nas diversas classes sociais. A grande massa continuaria analfabeta, sem acesso aos poucos estabelecimentos do ensino primário. O *Quadrivium* (Aritmética, Geometria, Música, Astronomia) e o *Trivium* (Gramática, Lógica e Dialética), níveis mais elevados do ensino, continuariam a ser ministrados principalmente nos mosteiros e escolas adjacentes às igrejas paroquiais, tanto mais que serviam de preparação de eventuais futuros sacerdotes[318]. Seus alunos eram selecionados, normalmente, na classe dirigente e nos meios mercantil e artesanal, classe burguesa emergente concentrada nos novos centros urbanos, para a qual a escrita e as contas eram crescentemente importantes.

A Igreja, com o monopólio da formação moral e intelectual, direcionava o estudo para a consecução de seus objetivos. Os intelectuais dessa época eram membros da hierarquia eclesiástica, ou, então, a ela vinculados;

[318] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

excepcionalmente, surgiria nome de um erudito fora do âmbito da Igreja (Dante, Leonardo de Pisa, Mondino de Luzzi), mas que, em suas atividades de poeta, matemático ou médico, seguiriam as orientações dominantes. Dessa época, datam as *sumas*, verdadeiras enciclopédias, que abarcavam o conhecimento à luz da religião, tendo sido célebres a do franciscano Alexandre de Hales (1190-1245), que, inclusive, traduziu Aristóteles, e a de Vicente de Beauvais (1190-1264), com o título *O Grande Espelho* [319].

A restrita disseminação e a limitada laicização do ensino, principalmente com a abertura das universidades, seriam o suficiente para o início dos debates e o reexame de doutrinas à luz do racionalismo e da lógica da Filosofia de Aristóteles. Com a descoberta, tradução e divulgação de grandes obras da cultura grega (Aristóteles, Platão, Hipócrates, Aristarco, Arquimedes, Euclides, Apolônio, Ptolomeu, Galeno e outros), estudantes e professores, nos mosteiros, abadias e escolas paroquiais, se organizaram em corporações, chamadas de universidades, com a reivindicação inusitada de liberdade e de autonomia de ensino, fora da ingerência do Estado (Rei) e da Igreja (Papa). O objetivo era o de permitir o franco exame da cultura antiga, principalmente de sua Filosofia e de seus conhecimentos científicos, e da Doutrina Cristã, à luz do racionalismo grego. Essa rebeldia já era o eco da insatisfação de pequeno círculo intelectual, inclusive de dentro da própria Igreja, à estrutura e às imposições proibitivas na esfera do ensino. A esse respeito, cabe salientar o papel preponderante de uma classe de teólogos dedicados à Filosofia Natural, responsáveis pela introdução da Filosofia Natural de Aristóteles no currículo das universidades, com o objetivo de esclarecer e sustentar a Teologia.

Sob esse aspecto, os nomes pioneiros de Fulbert, fundador da Escola de Chartres, e de Hugo de São Vítor, fundador da Escola de Paris – que se transformaria, posteriormente, na Universidade de Paris, a primeira a ser criada com nova orientação – devem ser celebrados. Divergências do Papa Inocêncio III (1161-1216) com o Rei da França, Felipe Augusto, fariam com que Roma apoiasse tal reivindicação de independência universitária da órbita do Estado e da Igreja, ainda que não tenha deixado de interferir nos assuntos das universidades, e, mesmo, de orientar o currículo, como quando proibiu o ensino de determinadas obras de Aristóteles, por contrárias aos ensinamentos cristãos.

[319] PIETRI, Luce ; VENARD, Marc. *Le Monde et Son Histoire.*

Nos séculos XIII, XIV e primeira metade do século XV, seriam fundadas muitas e importantes universidades na Europa, reflexo de um crescente interesse pelo conhecimento acadêmico. Deve-se registrar, contudo, já existirem, por essa época, Escolas especializadas em Medicina (Salerno) e em Direito (Bolonha), que não podem ser comparadas às universidades, cujas finalidades e áreas de competência eram mais amplas, abrangentes e extensas. Ainda que a direção e os professores pertencessem, em sua quase totalidade, a membros da hierarquia eclesiástica, o tímido e controlado avanço do ensino universitário representaria um significativo passo adiante, início de mudança de mentalidade, de enfoque e de prioridades.

Se a vida intelectual, no período, se orientava, no princípio, dada a influência de Abelardo, para a Dialética, a introdução de Aristóteles, posteriormente, motivaria um interesse na Metafísica e nas Ciências naturais[320], que resultaria na formulação de uma nova Teologia. Nesse complexo e conturbado processo de afirmação de uma nova Síntese, ao longo do século XIII, deve ser ressaltado o papel central desempenhado na Universidade de Paris por Siger de Brabante (1240-1284), sacerdote secular que professava a doutrina da dupla verdade, isto é, a da existência de verdades da Teologia e da Filosofia Natural, mas contrária a uma possível conciliação entre as duas; Siger seria julgado herético (1271) e morreria assassinado. Outro professor da Universidade de Paris, Boécio da Dácia, discípulo de Siger de Brabante, e autor de *Sobre a eternidade do Mundo*, na qual declararia que como filósofo não teria alternativa senão aceitar a doutrina da criação, teria de se exilar na Itália, em 1277[321].

As primeiras e mais importantes universidades[322] fundadas nessa época foram: Paris (1175), Oxford (1220), Montpellier e Salamanca (1222), Pádua (1224), Nápoles (1229), Palermo (1230), Toulouse (1230), Cambridge (1231), Siena (1246), Sorbonne (1253), Lisboa (1290), Roma (1303), Coimbra (1308), Praga (1317), Florença (1349), Cracóvia (1364), Viena (1365), Heidelberg (1386); posteriormente, seriam estabelecidas as de Saint Andrews (Edimburgo – 1410), Louvain (1426), Poitiers (1432), Caen (1436), Bordéus (1441), Valencia (1452), Nantes (1460) Burgos (1463) e Uppsala (1476).

---

320 JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

321 LINDBERG, David C. *Los Inicios de la Ciencia Occidental.*

322 PIETRI,Luce; VENARD, Marc. *Le Monde et Son Histoire.*

5.1.2.2 Primeiro Renascimento Artístico

Ao mesmo tempo em que ocorria essa curiosidade intelectual, essa ânsia por novos e mais amplos conhecimentos e esse interesse para compreender racionalmente os artigos de Fé, a Europa ocidental, com início na Itália, seria palco de um Renascimento cultural, que alguns autores chamam de Primeira Renascença, que abrangeria todas as expressões da Arte: Arquitetura, Pintura, Escultura, Literatura, Teatro, Música. Os estritos cânones artísticos, estabelecidos pela Igreja – que orientavam e limitavam a expressão espontânea do artista –, começariam, também, a ser objeto de exame, não ficando, assim, imune à onda renovadora que abalava as estruturas do mundo intelectual. Regras do Segundo Concílio de Niceia (787) – como "a composição das imagens religiosas não é deixada à inspiração dos artistas; ela depende dos princípios postos pela Igreja Católica e a tradição religiosa. Só a Arte pertence ao pintor, e a composição aos padres" –, seriam postas de lado ou negligenciadas pela renovada Arte que se esboçava[323]. Grande parte das manifestações artísticas estaria vinculada à religião, mas seria crescente a produção de obras de cunho profano, principalmente na Literatura, Teatro e Musica.

Exemplos eloquentes dessa Primeira Renascença nas Artes plásticas e na Literatura seriam Dante (1265-1331), Petrarca (1304-1374), Bocaccio (1313-1375), Guilherme de Lorris (? – 1250), Jean de Meung (1240-1305), Gottfried de Estrasburgo (século XIII), Froissart (1333-1400), Chaucer (1340-1400), Cimabue (1240-1300), Giotto (1266-1336) e Pedro Lorenzetti (século XIV).

O Teatro, dedicado à representação de cenas religiosas, e voltado para temas sacros (Páscoa, *Via Crucis*, Natal, milagres, mistérios, etc.), buscaria, cada vez mais, temas profanos para apresentar nos momentos dos folguedos nas cidades, nos campos, nas feiras (*A Farsa do Rapaz e do Cego*, *A Destruição de Troia*, *O Jogo de Robin e Marion*, etc). A Música, antes circunscrita aos recintos das igrejas, passaria a entreter a vida aristocrática, e seria praticada por todas as classes sociais. O canto gregoriano (cantochão) continuaria como a melhor expressão da Música sacra, mas se difundiria a música profana popular; novos instrumentos foram desenvolvidos, e menestréis percorriam as cidades cantando poemas de amor.

---

[323] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

A Arquitetura sacra, que na Idade Média criara o estilo românico (Igreja de Vezelay, Catedral de Pisa, Catedral de Santiago de Campostela, Sé de Coimbra), se tornaria, nesta primeira fase renascentista, espetacular, grandiosa, com a construção de imensas e ricas igrejas, de pedra, (para acomodar a crescente população urbana e deslumbrar o crente com seu poder e sua riqueza), com ogivas no chamado estilo gótico; Notre Dame de Paris, catedrais de Colônia, Reims, Cantuária (Canterbury), Toledo, Burgos, Chartres, Amiens, Viena (Santo Estevão) e a Abadia de Westminster são algumas construções exemplares do novo estilo.

5.1.2.3 Desenvolvimento Técnico

O Homem desenvolveu a Técnica antes de criar a Ciência. Grande parte das técnicas fundamentais utilizadas até o século XIII havia sido inventada nos Tempos Pré-históricos: o uso do fogo, a agricultura e as ferramentas, a criação e a domesticação de animais, a invenção do arado, da cerâmica e dos tecidos, o uso de pigmentos orgânicos e inorgânicos, o trabalho de metais, a construção de barcos e carros com rodas, a invenção de máquinas (torno, moinho rotativo, polias, alavanca), o início da base empírica na Astronomia e na Medicina, a invenção dos números[324]. Desenvolvimento técnico seria uma das características das culturas mesopotâmica, egípcia, chinesa e hindu, que prosseguiria no mundo greco-romano, tanto ao combinar a observação com a teoria quanto ao criar e aperfeiçoar máquinas e instrumentos (catapulta, moinho d'água, astrolábio, quadrante, parafuso de Arquimedes, odômetro, ciclômetro, relógio d'água).

A grave crise vivida pela Europa ocidental, a partir do século IV, teria um grande impacto negativo sobre a evolução da Técnica, a qual só começaria a se recuperar a partir do século XI, quando a Idade Média, feudal, começaria a entrar num processo político, econômico e social que desembocaria numa Sociedade mais dinâmica e criativa.

O período iniciado no século XIII criaria condições que permitiriam um grande desenvolvimento técnico, se comparado com outras épocas da história europeia. O nível técnico alcançado nos diversos setores, em período relativamente curto, seria bem superior ao atingido ao longo dos oito séculos anteriores. Nesse processo, os aportes recebidos de outras culturas, em

[324] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

especial da chinesa e da árabe, não devem ser desprezados. Se bem que dispondo de uma técnica menos sofisticada e desenvolvida que em outras regiões e culturas contemporâneas, como a bizantina, a chinesa e a árabe islâmica, a cultura europeia começaria a incorporar novos métodos de trabalho, novos meios de produção e novos produtos, em função das crescentes necessidades de uma Sociedade mais consumista, e de uma classe social burguesa mercantil mais ativa e progressista[325].

A necessidade de juntar o conhecimento teórico ao técnico, o conceitual ao prático, não esteve ausente nesse período. O erudito Hugo de São Vitor, em *Didascalicon de Studio Legendi*, dividiria, por exemplo, o conhecimento em Teoria, Prática, Mecânica e Lógica, constituindo-se num dos primeiros defensores do desenvolvimento da Técnica aliada à teoria. Domingo Gondisalvo, em *De Divisione Philosophiae*, corresponderia a cada Arte mecânica uma ciência teórica, a qual estudaria os princípios básicos que a Arte mecânica punha em prática. Nesse mesmo sentido, se pronunciaram, entre outros, Roger Bacon, Gil de Roma, Miguel Escoto e Roberto Kilwardly, cuja obra *De Ortu Scientiarum* insistia na importância da vertente prática da Ciência relacionada com a obtenção de resultados úteis, incluindo entre as Ciências mecânicas a Agricultura, a Medicina, a Viticultura, a Arquitetura, o Comércio, a Confecção de armas[326].

Nesse processo, várias obras de cunho prático sobre temas variados (agricultura, química, pesca, pesos e medidas, metalurgia, vidraçaria, construção de barcos) seriam escritas por eruditos medievais, como Alexandre Neckam, Alberto Magno, Roger Bacon, Pedro de Saint Omer (*Líber de Coloribus Faciendis*), Teófilo, o Presbítero (*Diversarum Artium Schedula*), Grosseteste, Gil de Roma (*De Regimine Principum*, sobre a Arte da guerra), Walter de Henley e Pedro de Crescenzi, sobre agricultura, João de San Gimignano (enciclopédia) e Pedro Maricourt (*De Magnete*)[327].

Quatro invenções ou inovações técnicas (com precursores no Oriente) desempenhariam um papel essencial na formação dessa nova era; seu uso disseminado teria enormes ramificações culturais: i) a bússola magnética, que permitiria o desenvolvimento da navegação oceânica, com a consequente descoberta de novas rotas e novas terras. O Mediterrâneo continuaria como

[325] DAUMAS, Maurice. *Histoire Générale des Techniques.*
[326] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*
[327] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

a principal rota comercial da Europa, e as cidades italianas (Veneza, Gênova, Pisa, Amalfi) permaneceriam como importantes centros comerciais, até a abertura das rotas oceânicas; ii) a pólvora, que contribuiria decisivamente para o fim da velha ordem feudal e o surgimento do Estado nacional; o poder militar passaria a se basear na capacidade de fogo da artilharia, tornando obsoletos antigos métodos e táticas guerreiras. A metalurgia se desenvolveria; iii) o relógio mecânico, que substituiu a clepsidra, seria importante na mudança do relacionamento do Homem com o Tempo. A despreocupação pelo transcurso do tempo seria substituída por uma atitude mais dinâmica. As cidades passariam a dispor, em suas principais praças e prédios públicos, de relógios que serviriam a toda a população; iv) o papel, que substituiria o papiro e o pergaminho, possibilitando o futuro surgimento da prensa, invenção fundamental para a divulgação da instrução e da cultura em geral. A primeira manufatura de papel foi criada em 1270, em Fabiano (Itália).

Ademais, progresso na Cartografia, com a substituição de portulanos pelas cartas de navegação, bem como a melhoria técnica nos instrumentos (astrolábio, quadrante) e nas embarcações (leme de popa, forma e tamanho das velas, caravelas) contribuiriam para o desenvolvimento da navegação marítima. Inovações na agricultura, na mecânica e em novas fontes de energia (moinho de vento, poços artesianos, roda d'água, atrelagem dos cavalos, estribo, cabresto, arado), máquina de fiar, máquina de tecer, a plaina (responsável pelo desenvolvimento da marcenaria), a destilação de vinhos, óleos e perfumes e melhoria da qualidade do vidro (desenvolvimento da química prática), a ponte pênsil (contribuição para o desenvolvimento das vias terrestres), as prensas com pranchas, e depois com caracteres móveis de metal, "salientariam o valor da inteligência humana no domínio das forças da Natureza e na aquisição de conhecimento útil"[328]. No vale do Arno, na Itália, entre 1280 e 1285, seriam criadas as primeiras lentes de correção da visão; eram lentes esféricas, com técnica de fabricação e de polimento do vidro ainda bastante precária, mas já um progresso significativo que tenderia a se aperfeiçoar com o tempo, tornando-se da maior importância para o desenvolvimento futuro da Ciência e para o bem-estar e o conforto do Homem.

Todo esse progresso técnico, particularmente importante no fim do período, teria um impacto extraordinário sobre a Sociedade da época. Abria-

---

[328] TARNAS, Richard. *Epopeia do Pensamento Ocidental.*

se a perspectiva de transformação de uma sociedade agrária, rudimentar, com uma economia de subsistência, em uma dinâmica e diversificada sociedade comercial, pré-industrial e pré-capitalista, de consequências inevitáveis sobre a cultura e a vida intelectual.

5.1.2.4 Presença da Igreja

A exemplo do período anterior, a Igreja Católica Apostólica Romana se fez presente, também, em todos os aspectos da vida europeia ocidental. A sociedade agia e defendia valores de acordo com os ensinamentos ministrados por um Clero rigidamente hierarquizado e espalhado por todos os Reinos. Bispados, abadias, mosteiros, paróquias e escolas asseguravam a disseminação da Fé[329]. Pastora de almas, a Igreja continuaria a adquirir, no processo, grande poder e imensa riqueza. Aliada do poder temporal secular, seria a Igreja a real censora dos costumes, a orientadora das atividades culturais e a responsável pela formação moral, mental e intelectual da Sociedade. Por conseguinte, sua atuação nos diversos domínios era diária e constante, sua supervisão implacável. A Religião a tudo dominava, e a benção assegurava a legalidade e a legitimidade do empreendimento. No entanto, com a disseminação e preponderância das línguas vulgares, a Igreja de Roma perderia, mais nitidamente a partir do século XIV, o controle absoluto sobre as atividades intelectuais de pensadores e sábios, na Filosofia e na Filosofia Natural[330].

Apesar do poder e do prestígio, o período foi de crises e triunfos, de fracassos e sucessos para a Igreja Romana. Alguns dos principais acontecimentos, de interesse histórico, relacionados com a Igreja nesse período foram: i) prosseguimento das Cruzadas no Oriente, com a intenção declarada de libertar Jerusalém do domínio dos muçulmanos; ii) Cruzada contra os heréticos albigenses (Cátaros), no Sul da França, a partir de 1208; iii) criação da Santa Inquisição, em 1231, para combater as heresias e assegurar a pureza da Fé; iv) fundação das Ordens Mendicantes, dos Dominicanos, por Domingos de Gusmão (1170-1221), e dos Franciscanos, por Francisco de Assis (1182-1226), que viriam a ter grande influência na Cristandade, inclusive no terreno intelectual e filosófico; v) pontificados[331] de Inocêncio III (1198-1216) e de Gregório IX (1227-1241),

[329] MATTHEW, Donald. *Atlas of Medieval Europe.*
[330] RUSSELL, Bertrand. *História do Pensamento Ocidental.*
[331] CHADWICK, Henry; EVANS, G. R. *Atlas of the Christian Church.*

que corresponderam à fase de apogeu da Igreja; vi) Cativeiro de Avinhão (1307-1377), período em que a cidade serviu de sede papal e o Papado esteve sob a influência do Rei da França; vii) Grande Cisma do Ocidente (1378-1417), resultante do retorno do Papa (Gregório XI), em 1377, para Roma. Seu sucessor, Urbano VI (1378-1389), brigou com os cardeais franceses, que desejavam a volta da sede papal para Avinhão. Diante da recusa de Urbano VI, os bispos franceses elegeram Roberto de Genebra Papa em Avinhão, que seria sucedido por outros cinco Papas, conhecidos, hoje, como antipapas. Durante esse período, a Cristandade esteve dividida, com alguns Reinos (Inglaterra, Portugal, Hungria, Polônia) fiéis ao Papa de Roma, e outros (França, Duas Sicílias, Castela, Escócia) fiéis ao de Avinhão[332]; viii) heresias dos reformadores franciscanos John Wicliff (1324-1384) e Johannes (Jan) Huss (1369-1415), precursores de Lutero.

Ao final desse longo e penoso processo, a força moral e política do Vaticano estava debilitada e sua autoridade enfraquecida, quando não contestada; tal situação criaria as condições, no Período Histórico seguinte, para o fortalecimento das monarquias absolutas nos Estados nacionais e para o êxito da Reforma protestante.

5.1.2.5 Debate Filosófico - Escolástica

A partir da divulgação e do estudo das obras (filosóficas e científicas) de Aristóteles e dos Comentários de Averróis sobre o filósofo grego, ocorreria um grande debate doutrinário no interior da Igreja e nas universidades. Como escreveu Tarnas, "num contexto sem precedentes de aprendizado patrocinado pela Igreja e sob a influência das forças maiores que animavam a emergência cultural do Ocidente, estava preparado o cenário para a mudança radical nos alicerces da concepção cristã: no ventre da Igreja medieval, a Filosofia cristã de negação do Mundo, elaborada por Agostinho e influenciada por Platão, começou a dar lugar a uma interpretação fundamentalmente diferente para a existência", e mais adiante, "o magistral conjunto de seu (Aristóteles) conhecimento científico, sua codificação das regras para o discurso lógico e sua confiança no poder da inteligência humana estavam de pleno acordo com as novas tendências do racionalismo e naturalismo crescentes no Ocidente medieval..." [333]. A síntese teológica agostiniana, que orientara a Doutrina Cristã

---

[332] THE TIMES. *Atlas da História Universal.*
[333] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

por toda a Idade Média, seria, por primeira vez, confrontada por uma Filosofia racional e lógica, sem apelo à Revelação divina e à Fé. A prevalência da doutrina tomista sobre a agostiniana, além de confirmar uma importante e radical mudança de mentalidade e atitude na hierarquia da Igreja, criaria as condições para o início de uma nova fase, com a retomada do espírito científico e do conhecimento racional como bases da Filosofia Natural.

O uso da Razão, já preconizada por Anselmo, "para compreender aquilo em que acreditamos", e da Lógica, por Abelardo, em socorro da Fé, encontraria terreno fértil nas universidades. As autoridades eclesiásticas resistiriam à intrusão de filósofos pagãos, temendo a violação da Verdade cristã, proibindo, de início, mas sem sucesso, o ensino de algumas obras de Aristóteles (*Física*, em 1211, *Metafísica* e *Filosofia Natural* em 1215). O impacto do pensamento do Estagirita não se restringiria, contudo, ao terreno da Razão e da Lógica, ao terreno filosófico, pois se estenderia às suas obras de caráter científico no campo do conhecimento do Mundo natural, através da observação e da experimentação. A resultante tensão entre o Racionalismo e a Revelação, a oposição entre as Filosofias de Aristóteles e de Platão e o inevitável questionamento dos fundamentos da síntese teológica de Agostinho fariam nascer, no âmbito da própria Igreja, um movimento de conciliação entre o conhecimento humano do Mundo natural e as doutrinas herdadas da Revelação divina. Consciente do impacto perturbador do pensamento aristotélico, e diante do fracasso das proibições de ensino e debate, o Papa Gregório IX suspenderia a proibição, mas ordenaria o expurgo das afirmações contrárias aos dogmas cristãos nas obras do filósofo grego. Iniciar-se-ia, assim, a chamada cristianização da Filosofia de Aristóteles.

O contexto de efervescência intelectual e doutrinária do início do século XIII diferiu bastante do ambiente do final do século XI, o que evidencia a grande transformação cultural e mental ocorrida nesse interregno na Europa. Anselmo, com seu pioneirismo, se propôs utilizar o raciocínio para compreender, sem contestar, a teologia de Agostinho, enquanto o tomismo, sob a influência do pensamento de Aristóteles, viria a substituí-la por uma nova síntese teológica, a qual procuraria conciliar a Razão e a Revelação.

O dominicano alemão Alberto Magno (1200-1280), teólogo, erudito e cientista, seria o primeiro pensador a distinguir o conhecimento derivado da Teologia e o da Ciência, no que significava sustentar para a Filosofia Natural uma independência plena, livre de prescrições teológicas. Além de seus comentários sobre diversas obras de Aristóteles, Alberto escreveu alguns

tratados filosóficos independentes, como *Da unidade do intelecto*, *Da natureza da origem da alma* e *Sobre Quinze Problemas*; sua obra está reunida na *Opera Omnia*. Em sua *Física*, consta a extraordinária afirmativa de que "em matéria de Fé, eu me fundamento em Santo Agostinho, mas em questão de Ciências prefiro crer em Aristóteles e em seus comentaristas árabes, porque Santo Agostinho não conheceu bem a natureza das coisas"[334]; em diversas oportunidades, Alberto argumentaria que a Fé, e em consequência a Teologia, não poderiam pretender qualquer competência no campo da Ciência Natural. Assim, "o posicionamento básico em todo o campo da Teologia é a Fé. Apenas com proposições da Razão não se pode resolver nada em Teologia" e "a verdade da Sagrada Escritura vai além das proposições da Razão; não é possível deduzi-la dessas proposições por um procedimento lógico"[335]. Alberto Magno reconhecia o valor do aprendizado laico e a necessidade da observação empírica para o conhecimento do Mundo natural. Nesse sentido, assumiu a distinção aristotélica de filosofia prática (Matemática, Física e Metafísica) e teórica (Ética, Política e Economia). Mestre de Tomás de Aquino, exerceu Alberto Magno enorme influência sobre o futuro teólogo e criador do tomismo, com o qual divide a condição de maior representante da Escolástica.

Reconhecida a validade da Filosofia de Aristóteles, caberia ao dominicano italiano, Tomás de Aquino (1224-1274), a tarefa de integrar coerentemente Razão e Fé ou, em outras palavras, conciliar a filosofia pagã de Aristóteles com a Teologia cristã medieval de Agostinho. Graças a seu espírito analítico, à sua capacidade metodológica e à sua habilidade dialética na interpretação dos conceitos da Filosofia de Aristóteles, encontraria Tomás de Aquino base racional (essência e existência) para os dogmas da Revelação cristã e para a ideia da criação. A questão da criação seria fundamental, pois o pensamento filosófico grego, em especial de Aristóteles, ao refutar a noção da criação (*ex nihilo nihil fit* – nada provém do nada), estabelecera um divisor aparentemente intransponível para uma conciliação entre concepções tão diversas e opostas, como a aristotélica e a cristã. Para transpor tão formidável fosso, Tomás de Aquino estabeleceria três fases de reflexão sobre a origem das coisas, ao acrescentar a abordagem metafísica ou transcendental. Argumentaria, e procuraria demonstrar, que a Razão poderia provar a

---

[334] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*
[335] KOBUSCH, Teo (org). *Filósofos da Idade Média.*

existência de Deus por cinco vias de índole realista (movimento, causa em geral, conceitos de necessidade e possibilidade, hierarquia da perfeição das coisas, ordem das coisas)[336]. Haveria duas fontes independentes de conhecimento: a Razão, que recorre à experiência dos sentidos, produziria o conhecimento racional, e a Revelação, que dá Fé para auxiliar a compreender o que está além do alcance da Razão. O tomismo (*Suma Teológica* - 1265-1273) consagraria, assim, o uso do raciocínio na busca da explicação do desconhecido, procurando reforçar a Fé na Verdade revelada com a verdade racional, compatibilizar a Ciência, a Filosofia e a Cosmologia com a Doutrina Cristã.

Sobre se a Teologia era uma Ciência, a explicação de Tomás de Aquino, na Suma Teológica, é clara: "... é preciso que a Teologia seja uma Ciência. Mas convém saber que há dois gêneros de Ciência. Umas procedem de princípios conhecidos à luz natural do intelecto, como a Aritmética, a Geometria, etc. Outras procedem de princípios conhecidos à luz de uma Ciência superior, como a Óptica procede de princípios conhecidos pela Geometria e a Música de princípios conhecidos pela Aritmética. E é dessa maneira que a Teologia é uma Ciência, já que procede de princípios conhecidos de uma Ciência superior, a saber: a Ciência possuída por Deus e pelos bem-aventurados. Assim como a Música atribui fé aos princípios que lhe são transmitidos pela Aritmética, também a Teologia atribui Fé aos princípios que lhe são revelados por Deus".

Dessa forma, a Escolástica buscaria, através da Lógica aristotélica, harmonizar a Razão e a Fé. O raciocínio era de que ambas não se contradiriam, porque emanavam da mesma fonte. Se a Razão ajuda a aceitar a Fé, a Fé ajuda a inteligência a entender a verdade das coisas; em consequência, a Razão é que permite compreender a essência real das coisas, pois os sentidos somente dão um conhecimento da aparência das coisas; a Razão pode, contudo, conduzir o raciocínio errado, pelo que "a opinião de Aristóteles, das Sagradas Escrituras e dos Padres da Igreja" deve ser levada em conta.

O tomismo não era aceito por muitos teólogos (Étienne Tempier, Boaventura), que buscariam importantes discrepâncias entre os conceitos aristotélicos (mortalidade da alma, Mundo incriado) e a doutrina da Igreja. Preocupada com a independência intelectual da Universidade, pressentindo a ameaça da secularização da Ciência grega pagã e temerosa de um

---

[336] MATTOS, Carlos Lopes de. *Coleção Os Pensadores – Tomás de Aquino.*

pensamento antiteológico, a Igreja, em 1277, pouco depois da morte de Tomás de Aquino, condenaria algumas de suas proposições. A divisão entre os defensores do tomismo e os demais se aprofundaria, embrião da separação da Filosofia e da Teologia. Como diz o já citado Tarnas, "uma vez aberta, a caixa de Pandora da investigação não se fecharia". Apesar de toda a oposição, crítica e resistência, a Igreja reavaliaria a obra de Tomás de Aquino (todos seus ensinamentos proibidos foram retirados da lista de condenados) e, ao santificá-lo, em 1323 (Doutor da Igreja, em 1567, equiparando-o a Jerônimo, Ambrósio e Agostinho), a Igreja começou a incorporar o aristotelismo à sua doutrina.

Com a crescente aceitação do tomismo, a obra de Aristóteles tornou-se virtualmente um dogma cristão[337]; o Estagirita fora convertido ao Cristianismo. Nessa condição, sua obra deveria ser de aceitação universal e sem discussão, seus conceitos e seus ensinamentos estariam acima de qualquer dúvida, e sua Ciência seria considerada como definitiva e incontroversa. O pensamento aristotélico em sua expressão tomista dominaria a Cristandade a partir do século XIV, em substituição à teologia agostiniana, que prevalecera na Idade Média. A incorporação e o dogmatismo da versão tomista do pensamento aristotélico pela Igreja viriam a criar sérios problemas, no futuro, para Roma, pois a comprovação de erros e equívocos na Ciência (Astronomia, Física) de Aristóteles repercutiria sobre a própria credibilidade da Religião e da Igreja.

Além de movimentos de heresia (Cátaros na França, Itália e Bálcãs, John Wycliff, morto em 1381, e Johannes (Jan) Huss, queimado em 1415) e de misticismo (Alemanha, Flandres), a autoridade da Igreja e do Papa teve de enfrentar oposição à nova Teologia. Dois pensadores se notabilizaram por suas críticas ao tomismo, e, por via de consequência, contra Roma: o franciscano John Duns Scot (1266-1308) opor-se-ia a Tomás de Aquino argumentando que as verdades da Fé não podiam ser compreendidas e demonstradas pela Razão; separou Teologia da Filosofia, não admitindo que aquela pudesse ter qualquer fundamentação racional, e foi crítico do método dedutivo, por considerá-lo inconclusivo; e William de Ockham (1290-1349); a exemplo de Duns Scot, e também franciscano, considerava que a Fé não poderia encontrar apoio na Razão, pois os dois campos seriam indiferentes e alheios um ao outro; a Teologia não seria uma Ciência racional; Religião e Ciência seriam duas vias paralelas, duas verdades independentes. A Teologia

---

[337] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*

era, assim, uma questão totalmente de Fé. Tendo combatido a autoridade e a ortodoxia papal, responderia Ockham a processos por seus "heréticos e pestilentos comentários"[338].

Os grandes e intensos debates teológicos e filosóficos e as diversas vicissitudes políticas enfrentadas pelo Papado teriam graves consequências para a futura unidade do mundo católico romano.

5.1.3 A Ciência na Primeira Fase do Renascimento Científico

Esse Período da História da Europa ocidental foi de significativa importância para a História da Ciência, ainda que não se possa considerar que o espírito científico tenha renascido, e os vários ramos da Ciência se tenham desenvolvido. Apesar de a Teologia dominar a mente e o intelecto, indicando e orientando os rumos do conhecimento humano, as novas condições históricas em que evoluiu a Sociedade permitiriam o início de uma atitude, de uma preocupação, de um interesse, de uma curiosidade e de uma postura até então fora de cogitação.

O valor do período para a História da Ciência reside, assim, nas primeiras manifestações de interesse, depois de séculos, em estudar e reexaminar doutrinas e postulados, em aprofundar e expandir conhecimentos, em investigar e analisar teses e teorias, em estabelecer e explorar critérios e métodos. Não se criou, nem se inovou, mas se questionou e se criticou, e isso já foi um passo importante na direção do desenvolvimento do pensamento científico. Especulação, investigação, análise e experimentação, expressões do espírito científico, ainda não estavam incorporadas às atividades dos pioneiros de um Renascimento científico, nem as diversas Ciências se tinham liberado dos entraves, superstições e preconceitos do passado e da atualidade medieval, mas apareceriam os primeiros sinais do princípio de um ressurgimento mental e intelectual. Eruditos, pensadores, filósofos, estudiosos e membros da Igreja, do quilate de Afonso X, Frederico II, Siger de Brabante, Alberto Magno, Roger Bacon, Robert Grosseteste, Leonardo de Pisa, Mondino de Luzzi, John Buridan, Nicolau Oresme, Pedro de Maricourt e outros, surgiriam, dedicando-se ao estudo, análise e investigação dos fenômenos naturais. O raciocínio e a lógica passariam a ser instrumentos de trabalho.

---

[338] COLEÇÃO Os Pensadores - *John Duns Scot-William de Ockham.*

Alberto Magno dava importância ao conhecimento baseado na observação, e ensinava que a Filosofia Natural consistia em questionar a natureza das coisas, Grosseteste priorizava a evidência observada e recomendava uma metodologia que continha a base da Ciência experimental, e Roger Bacon argumentava que a Razão tinha de ser confirmada pela experiência, e que o conhecimento deveria ser "auxiliado por instrumentos, e com a precisão fornecida pelo uso da Matemática"[339]. Mondino de Luzzi renovaria o interesse pela Anatomia, com dissecações, prática proibida havia séculos; Buridan se oporia ao uso de explicações sobrenaturais para fenômenos naturais, e criticaria a *Física*, de Aristóteles; e Oresme aplicaria a Matemática ao movimento planetário. O conhecimento técnico, abandonado nos séculos anteriores pelos intelectuais, voltaria a ser valorizado pelos eruditos, num reconhecimento de sua importância para o avanço do conhecimento teórico. Estudos de Siger de Brabante, Boécio de Dácia, Alberto Magno, Roger Bacon, Alexandre Neckam, Domingo Gondisalvo, Roberto Kilwardby, Gil de Roma, Miguel Escoto e outros atestam esse reconhecimento, que viria a servir de orientação para uma Ciência teórica, especulativa e dedutiva, ao mesmo tempo que prática, útil e experimental.

Conforme explicou o citado Colin Ronan, "o tardio movimento científico medieval concentrou-se na Ciência física, pois esse era um assunto no qual era possível exercer a precisão de pensamento e a liberdade de especulação, que seriam muito mais difíceis ou até impossíveis em outros campos". A Mecânica e a Óptica seriam as primeiras disciplinas a se beneficiarem desses estudos, bem como a observação da abóbada celeste. Acrescente-se, ainda, o impulso no estudo da Matemática (Fibonacci), em função de sua necessária e crescente utilização, tanto no exame dos fenômenos físicos quanto na prática comercial e bancária, que se expandia; ao seu desenvolvimento, por outro lado, estariam subordinados, também, os avanços nas Ciências exatas, como a Astronomia e a Física.

Na História da Ciência dessa fase, dois soberanos do século XIII devem ser mencionados, por suas contribuições importantes e pioneiras: Frederico II, Imperador do Sacro Império Romano-Germânico, e Afonso X, o Sábio, Rei de Castela e de León. O controvertido e polêmico Frederico II (1194-1250), cético, anticlerical, filósofo, mecenas e tirânico, manteve correspondência científica sobre problemas de Geometria, Astronomia e

[339] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

óptica, interessou-se por Biologia, escreveu o famoso *Tratado de Falcoaria* (com ilustrações de mais de 900 espécies de aves, com valiosas conclusões sobre sua anatomia, fisiologia e comportamento), estudou a *História dos Animais*, de Aristóteles, mas soube ter seu próprio julgamento: "não seguimos todos os pontos do príncipe dos filósofos, pois ele nunca caçou animais de rapina, enquanto nós amamos e praticamos essa arte... Aristóteles fala de ouvir dizer, mas a certeza não nasce de contadores" (citado por G. Beaujouan, em *La Science Antique et Médiévale*, dirigida por René Taton). Frederico II possuía um jardim zoológico com leões, leopardos, macacos, camelos, elefantes e girafas (o primeiro na Cristandade). Protetor da cultura, incentivou os tradutores de obras gregas e árabes. Afonso X (1221-1284), além de poeta, músico, jurista e historiador, era particularmente interessado em Astronomia e Astrologia. Patrocinou vários estudos e publicações, como os *Libros del Saber de Astronomia*, de 1280, e as famosas *Tábuas Afonsinas*, as mais bem preparadas até então, superadas apenas três séculos depois[340]. Participava de reuniões e debates com eruditos e pensadores, tendo imaginado a preparação de uma vasta enciclopédia espanhola que englobasse todos os conhecimentos humanos da época.

Dois eruditos ingleses do século XIII, por seu saber enciclopédico e propostas metodológicas inovadoras no campo científico, escapam, normalmente, do exame disciplinar limitativo, e são estudados de forma abrangente em capítulo sobre a Ciência em geral. Ambos eram franciscanos, ambos tiveram problemas com a Igreja, ambos estudaram e deram classes em Oxford, ambos seguiram a mesma corrente filosófica aristotélica, ambos priorizaram o estudo das Ciências; Grosseteste foi professor de Roger Bacon, o qual é considerado por muitos como o maior cientista da Idade Média.

Robert Grosseteste (1175-1253), bispo de Lincoln, em 1235, foi um grande admirador da cultura grega, considerando-a essencial para seus trabalhos filosóficos e científicos. Crítico do material disponível, patrocinou a tradução, diretamente do grego, por especialistas refugiados do Império Bizantino, das obras de Aristóteles, encarregando-se de divulgá-las. Figura central do importante movimento cultural na Inglaterra do século XIII, Grosseteste foi professor de Matemática e História Natural dos franciscanos em Oxford e advogou a inclusão das Ciências no currículo das universidades. Escreveu sobre Astronomia, Cosmologia, Acústica e Óptica. Em matéria

[340] ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

de pesquisa científica, Grosseteste defendeu que a finalidade da Ciência era descobrir as causas dos fenômenos; descobertos os agentes causais, dever-se-ia analisá-los, secionando-os em suas partes ou princípios componentes; depois, o fenômeno observado deveria ser reconstruído, a partir desses princípios, com base numa hipótese, a qual teria de ser testada e verificada pela observação[341]. Manifestou-se, ainda, contrário a tudo que contraria a lógica e as novas observações. Essa formulação de procedimento, valorizando a observação, a verificação e a experimentação, seria muito importante, porquanto contém as bases de toda a Ciência experimental e antecipa a posição futura da Filosofia Natural na Inglaterra. Importante assinalar que para Grosseteste a experimentação demonstraria como funcionava a Natureza, mas não teria como provar por que os fenômenos ocorrem de um determinado modo. Grosseteste escreveu *De Artibus Liberalibus*, *Hexameron*, *De Sphaera* (sustenta a forma esférica do Universo), *Computus Correctorius* (defende a reforma do Calendário e critica a noção pagã da eternidade do Mundo), *De Impressionibus Elementorum* (sobre os fenômenos meteorológicos), *De Iride* (apoia a teoria da refração da luz de al-Kindi e a aplica ao arco-íris), *De Calore Solis* (argumenta que o calor solar só pode ser produzido pela concentração dos raios solares) e *De Luce* (inclui uma Cosmogonia baseada numa teoria metafísica da luz)[342].

Elaborou Grosseteste uma classificação das ciências para mostrar como algumas eram dependentes de outras, e considerava a Óptica como a Ciência por excelência, acima de todas as demais, e dependente, como a Astronomia, da Geometria, pois ambas usavam técnicas geométricas (linhas, ângulos) e figuras geométricas simples para explicar todos os fenômenos por linhas, ângulos e outras figuras geométricas simples. Acreditava que a substância primordial do Universo era a luz, pelo que dedicou especial atenção à Óptica. Sua teoria cosmogônica parte da ideia central de que sem qualquer coisa pré-existente (matéria, espaço, tempo), Deus criou um ponto adimensional, a luz, da qual surgiria, pela extensão e expansão, o Universo. Experimentou e descreveu espelhos e lentes de aumento e diminuição, mencionou o instrumento que viria a ser o telescópio e estudou os raios luminosos, os raios visuais diretos, refletidos e refratados, e o arco-íris, a respeito do qual aventurou

[341] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[342] KOBUSCH, Theo (org). *Filósofos da Idade Média.*

uma hipótese. Grosseteste seguia, ainda, o princípio aristotélico pelo qual a Natureza age sempre com o máximo de economia, como em "a Natureza não faz nada em vão", ou "a Natureza não executa com muitos meios nada que possa alcançar com poucos".

Roger Bacon (1214-1292), conhecido como *doctor mirabilis*, foi filósofo, teólogo, filólogo, astrólogo, astrônomo, alquimista, matemático e físico. De família abastada, estudou em Oxford, ensinou em Paris, onde recebeu o título de mestre em Artes, regressou a Oxford para se dedicar à pesquisa, e foi aluno de Robert Grosseteste, que muito o influenciou. De cultura enciclopédica, considerado pai da Ciência experimental, maior cientista deste Período Histórico, precursor do empirismo moderno, Roger Bacon é conhecido como *doctor mirabilis*; filólogo, escreveu uma gramática de grego.

A contribuição de Roger Bacon para o desenvolvimento do espírito científico, em geral, e da Ciência, em particular, só não foi mais significativa e decisiva porque, em constante confronto com seus superiores da Ordem, foi preso diversas vezes (a última por quatorze anos) e suas ideias e obras sofreram sérias restrições e perseguições do superior da Ordem dos Franciscanos, Boaventura. Sua principal obra, *Opus Majus*, por exemplo, condenada e incluída no *Index*, só seria publicada em 1733. São textos de Bacon: "O raciocínio não prova nada, tudo depende da experiência", ou: "Não se pode conhecer nada deste Mundo sem saber Matemática"[343]. Defendeu a investigação científica, utilizou o método indutivo-dedutivo, insistiu no conhecimento exato e extenso dos fatos, considerou a Matemática e a experimentação como o verdadeiro caminho para o progresso científico, baseou-se em observações, introduziu o conceito de leis da Natureza[344] e estava convencido de que a Ciência poderia resolver todos os problemas do Homem. Cético do ouvir dizer e descrente do método dedutivo, confiava Bacon na experimentação como método apropriado na investigação científica.

Roger Bacon condenou a magia, mas aceitou a Astrologia e praticou a Alquimia; defendeu a esfericidade da Terra e calculou a distância da mais distante estrela à Terra em 208 milhões de km, estimativa audaciosa para época, mas equivocada; é tido como o inventor da pólvora (1247); propôs modificação no sistema educacional para dar ênfase à experimentação, sugeriu reforma do Calendário Juliano; teria construído um protótipo de telescópio;

---

343 TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*
344 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência* .

observou eclipse solar através de câmera escura; fez pesquisa em Óptica, Mecânica dos fluidos e propagação de força.

A pedido do futuro Papa Clemente IV, escreveu Bacon sua principal obra, *Opus Majus* (1257), à qual se seguiriam *Opus Minus* e *Opus Tertium*. A *Opus Majus* trata de Matemática, Astronomia, Música, Geografia, Óptica, Ciências experimentais, Teologia e Moral; a *Opus Minus* se refere à Astrologia, Alquimia e Medicina, enquanto a *Opus Tertium* analisa as relações entre as Ciências, o vácuo, o espaço, a velocidade[345]. Escreveu, ainda, entre outros livros, *Communia Mathematica* (*Princípios Gerais da Matemática*) e *Communia Naturalium* (*Princípios Gerais da Filosofia Natural*), dos quais restaram apenas fragmentos. Em seus escritos, demonstrou influencia de Euclides, Ptolomeu e al-Haytham, além de Aristóteles.

No final do período, a Sociedade europeia ocidental apresentava um dinamismo social, econômico e cultural e um incipiente espírito inquisitivo que a renovaria e a transformaria, colocando-a em uma posição privilegiada *vis à vis* de outras sociedades, como a Bizantina e a Árabe.

5.1.3.1 Matemática

Dos vários ramos da Matemática o que mais se desenvolveria seria a Aritmética, por sua importância para as atividades, em grande expansão, do comércio, dos bancos e das finanças, que requeriam uma simplificação dos números para a facilitação dos cálculos. Os prementes interesses do comércio e das finanças pressionavam por uma radical modernização das praticas aritméticas, inadequadas para atender a suas necessidades. Ao mesmo tempo, o requerimento matemático exigido para o desenvolvimento científico, como o da Astronomia, pressionaria o renascimento do estudo das Matemáticas. Nesse sentido, deve-se registrar a importância de Roger Bacon, um dos primeiros a argumentar a favor da utilização da Matemática para o desenvolvimento científico.

A quase impossibilidade de seguir operando com algarismos romanos justificou, durante muito tempo, a utilização do ábaco e das pedras (cálculos), pelos astrônomos e por todos aqueles que requeriam cálculos matemáticos para suas atividades. Posteriormente, a ampla divulgação dos algarismos arábicos (a partir de Silvestre II) trouxe modificações sensíveis nas operações

---

[345] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

aritméticas, facilitando-as e simplificando-as. A difusão do papel para a escrita, por seu baixo custo, em comparação com o pergaminho, revolucionaria as condições materiais do cálculo e a prática das operações. Os resultados intermediários das operações, que eram sucessivamente apagados, passaram a ser mantidos, tornando possível novas práticas operatórias, como explica Paul Benoit[346]. O célebre *Liber Abaci* (*Livro dos Ábacos*) de 1202, de autoria de Leonardo de Pisa (Fibonacci), seria o principal trabalho sobre a matéria nesta fase, somente sendo superado, bem mais tarde (1556-1560), pela obra de Nicolau Tartaglia. Apesar do título de seu livro, Fibonacci se manifestaria contra o uso abusivo do ábaco, e defenderia a utilização do cálculo aritmético. Paolo Dagomari, conhecido também como Paolo dell´Abbaco, popularizaria, com seu *Livro do Ábaco*, em versão mais simples e acessível, a obra de Leonardo de Pisa. Os métodos de multiplicação e divisão, dos árabes e hindus, por serem imprecisos e complicados, seriam postos de lado, desenvolvendo-se, em Florença, a técnica moderna de multiplicação, e, para o final do século XIII, a da divisão.

A Álgebra, ainda muito incipiente, continuaria, por muito tempo, como apêndice da Aritmética, ocupando poucas páginas dos tratados sobre ábaco, só vindo a aparecer independente a partir do século XIV, na Toscana, com a obra de Paolo Gherardi, de 1328, e a de Dardi de Pisa, intitulada *Aliabra argibra*. Essas Álgebras são, na realidade, listas de equações e de algoritmos que trazem a solução de cada uma delas; a de Gherardi dá uma lista de 15 equações, e a de Dardi, de 198. Leonardo de Pisa, que conhecia a obra de Diofanto, utilizou, em algumas ocasiões, letras no lugar de números, a fim de generalizar suas demonstrações. Desenvolveria a análise indeterminada e a sequência de números em que cada um é igual à soma dos dois precedentes, conhecida como Série de Fibonacci. Além disso, Leonardo interpretaria o resultado negativo como dívida, e utilizaria a Álgebra para resolver problemas geométricos[347].

A Geometria continuaria vinculada à agrimensura, devendo-se notar o *Practicae Geometriae*, de 1220, de Fibonacci, enquanto a Trigonometria se desenvolveria, no século XIV, pelo trabalho de três ingleses: Richard Wallingford, John Mauduith e Simon Bredon. Deve ser mencionado que *Practica Geometriae*, escrita por Hugo de São Vítor, fundador da Escola

---

346 SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências - volume II.*

347 *Crombie*, A. C. *Historia de la Ciencia.*

de Paris, embrião da futura Universidade dessa cidade, seria obra influente sobre o assunto nos séculos seguintes.

A Itália, principal beneficiária do Renascimento cultural e do desenvolvimento comercial e financeiro, seria a grande promotora desses primeiros avanços na Matemática, particularmente na Aritmética. Em 1388, haveria, em Florença, seis escolas de ábaco, frequentadas por 1.000 a 1.200 estudantes. Comerciantes e demais interessados, de outros pontos da Europa (Flandres, França, Boêmia, Império Germânico, Inglaterra) se dirigiam a Veneza, Gênova, Pisa, Florença, Milão e outros centros culturais e comerciais da Itália, que se notabilizariam como centros de excelência para o estudo da Matemática e técnicas de escrituração e contabilidade.

Vários insignes autores, por seus trabalhos pioneiros, que possibilitariam futuros progressos na Matemática e outras Ciências, merecem ser citados: o italiano Leonardo de Pisa, também conhecido como Fibonacci (1170-1230), é considerado por muitos como o maior matemático da Idade Média. Seu *Líber Abbaci*, de 1202, foi a principal obra de Aritmética, por vários séculos, sendo o grande divulgador das anotações aritméticas árabes de al-Khwarizmi e do valor da posição numérica, que faz com que os números (exemplo: 123, 132, 213, 231, 312 e 321) tenham valores diferentes. Seu livro (em 15 capítulos) seria, assim, um marco importante no abandono do velho sistema de registro por letras maiúsculas do alfabeto, usadas por gregos e romanos, na disseminação dos numerais árabes, na introdução do zero e da barra horizontal para frações[348]. Basicamente de Aritmética, o livro dos ábacos tratou, também, de problemas algébricos, inclusive o que deu origem à famosa Série de Fibonacci, primeira sucessão de termos numéricos que pode ser expressa por uma fórmula. Escreveu, ainda, um compêndio de Geometria e Trigonometria *Practica geometriae*, em 1220, e o celebrado *Líber quadratorum*, em 1225, com estudo sobre análise indeterminada, uma série de teoremas e a resolução de vários problemas aritméticos de grande relevância para estudos matemáticos posteriores[349]; o inglês John of Holywood (1195-1256), conhecido como Johannes de Sacrobosco, da Ordem dos Agostinianos, foi professor de Matemática da Universidade de Paris, ensinando em suas aulas métodos árabes de Aritmética e Álgebra. Escreveu *De Algorismus*, em 11 capítulos, sobre as quatro operações, raiz quadrada

---

348 BOYER, Carl. *Historia da Matemática.*

349 EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

e raiz cúbica. Interessou-se, igualmente, pela Astronomia, tendo escrito, em 1250, *Tractatus de Sphaera*; o italiano Campanus de Novara (1220-1296), capelão de Urbano IV, e mencionado por Bacon como um dos quatro maiores matemáticos contemporâneos. Como outros estudiosos de seu tempo, seu principal interesse era a Astronomia, que o impeliu ao estudo da Matemática. Publicou edição latina de *Elementos*, de Euclides, utilizada por mais de duzentos anos, e escreveu *Theorica Planetarum*, *Tractatus de Sphaera* e *Calendarium*; o alemão Jordanus Nemorarius (1225-1260), talvez o maior matemático de sua época, depois de Fibonacci, foi o primeiro a formular corretamente a Lei do plano inclinado. Escreveu sobre Aritmética, Álgebra, Geometria e Astronomia, utilizando, por primeira vez, de maneira sistemática, letras, em lugar de números, para as notações algébricas. Suas principais obras foram o *Elementa Arithmetica*, o *Algorithmus demonstratus*, o *De Triangulis* e seu tratado de Álgebra *De numeris data*; o judeu francês Jacob ben Machir Ibn Tibbon (1236-1312), conhecido como Prophatius, foi tradutor (Euclides, Ptolomeu, al-Ghazari e outros), astrônomo e matemático; o judeu francês Levi ben Ghersom (1288-1344) dedicou-se à Matemática, Filosofia e Astronomia. Quanto à Matemática, escreveu, em 1321, *Livro dos Números*, sobre as quatro operações e a extração de raízes, *De sinibus, chordis et arcubus*, em 1342, na qual apresentou uma derivação do teorema do seno para triângulos planos e tábuas de senos, e *De numeris harmonicis*, em 1343, sobre Geometria, com comentários sobre os primeiros cinco livros de Euclides. Foi um estudioso da Trigonometria; o inglês Thomas Bradwardine (1295-1349), arcebispo de Cantuária, além de teólogo, dedicou-se à Matemática e à Física, tendo sido pioneiro na utilização da Matemática nos fenômenos físicos (*De Proportionibus velocitatum in motibus*). Escreveu *Aritmética Especulativa* e *Geometria Especulativa*, bem como obras de Filosofia e Teologia[350]; o italiano Paolo Dagomari (?- 1365), ou Paolo dell'Abaco, escreveu *Liber Abbaci*, versão mais simples e popular que a da obra de Leonardo de Pisa; Nicole d'Oresme (1325-1382), bispo de Lisieux e capelão de Carlos V, o Sábio, foi versado em Matemática, Física, Teologia e Economia, e homenageado como um dos luminares do século XIV. Traduziu Aristóteles (*Ética, Política e Economia*) do latim para o francês, sendo considerado por ter contribuído para o desenvolvimento do idioma. Na Matemática é reputado ter substituído o uso das tabulações matemáticas por

[350] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

grafia equivalente, numa antecipação dos primeiros estudos que conduziriam à Geometria Analítica de Descartes; Oresme foi o primeiro, de quem se tem notícia, a utilizar expoentes fracionários e a demonstrar que a série harmônica (série dos inversos dos números naturais) é divergente[351]. Escreveu *De Proportionibus proportionum* (1360), em que generalizaria a Teoria das Proporções, de Bradwardine, e criaria regras para combinar proporções, que seriam utilizadas em seu *Algorismus proportionum*, em problemas geométricos e físicos.

5.1.3.2 Astronomia

A observação do firmamento e dos corpos celestes, praticada em toda a Idade Média, esteve muito ligada à Religião e à Astrologia, sem despertar, contudo, curiosidade para entender os movimentos dos astros e os fenômenos celestes. A oposição da Igreja à Astrologia, por contrária aos seus ensinamentos (livre arbítrio) não foi suficiente, porém, para impedir sua propagação e seu prestígio, sendo os astrólogos, muito conceituados e reverenciados, frequentadores da corte e consultores reais. A divulgação do *Almagesto*, de Ptolomeu, principalmente a partir do século XI, renovaria o interesse da Astronomia, com o geocentrismo transformado em dogma, e a Mecânica celeste aristotélica adotada sem questionamento.

Os astrônomos dessa primeira fase do Renascimento científico foram, igualmente, matemáticos, na medida em que a utilização dos cálculos aritméticos, da Geometria e da Trigonometria se fazia necessária para a execução de suas medições. Nesse sentido, a Astronomia, que contribuiria para o desenvolvimento da Matemática, se beneficiaria, por seu turno, desses avanços, dos quais era dependente. Assim, a relativa estagnação da Astronomia Matemática no período se deveu precisamente ao insuficiente progresso na renovação, modernização e simplificação da Matemática. Sacrobosco, Campanus de Novara, Jordanus Nemorarius, Ibn Tibbon e ben Ghersom são alguns exemplos dessa condição dupla de astrônomo-matemático, reciprocamente benéfica.

Deve-se registrar a contribuição da pseudociência da Astrologia (que pretende vincular o destino do indivíduo aos astros) ao desenvolvimento da Astronomia de observação, pois os astrólogos, na elaboração de seus

[351] GARBI, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

prognósticos, foram atentos observadores da abóbada celeste e na previsão exata do movimento planetário. As concepções astrológicas dariam origem à crença de que cada astro emanava sua luz sobre a Terra, gerando, assim, os metais, em número também de sete: Sol – ouro; Lua – prata; Mercúrio – mercúrio; Vênus – cobre; Marte – ferro; Júpiter – estanho; e Saturno – chumbo. A Terra, organismo sujeito à fecundação, geraria os metais. A esse propósito, deve-se ressaltar a mística do número sete: sete astros, sete metais, sete cores, sete notas musicais e os conhecidos sete órgãos do corpo humano.

Na História da Astronomia do Período menção especial deve ser feita a Afonso X, Rei de Castela e de Leon, promotor e cultor da Astronomia. Graças a seus esforços e incentivos, foram executados e publicados o *Conhecimento do Tempo* e o *Anuário do Bureau de Longitudes,* e, após reunir mais de cinquenta sábios cristãos, judeus e muçulmanos, mandou confeccionar, de 1248 a 1250 (redigidas em espanhol, de 1252 a 1272), as célebres *Tabelas Afonsinas*, que melhoraram e retificaram as *Tabelas de Toledo*, sendo, inicialmente, utilizadas na Espanha, para, depois, serem conhecidas e prestigiadas em toda a Europa, até o século XVI[352]. Em 1280, seria, ainda, publicado o *Libro del Saber de Astronomia*, que coroaria a extraordinária dedicação de Afonso X ao desenvolvimento do conhecimento astronômico.

Dentre os astrônomos dessa época, caberia mencionar: o inglês John of Holywood, mais conhecido como Johannes de Sacrobosco, da Ordem dos Agostinianos; publicou, em 1250, seu *Tractatus de Sphaera*, em quatro capítulos: o primeiro trata da forma e do lugar da Terra no Universo esférico; o segundo versa sobre os vários círculos no Céu; o terceiro descreve o movimento de corpos celestes; e o quarto apresenta uma pequena introdução da teoria de Ptolomeu sobre planetas e eclipses. Em 1232, Sacrobosco escreveu *De Anni Ratione*, no qual tratou do tempo, estudando o dia, a semana, o mês e o ano, a Lua e o Calendário eclesiástico; sustentava que o Calendário Juliano continha dez dias de erro, que deveria ser corrigido com uma reforma. Seu *Tractatus de Quadrante* elaborava sobre o quadrante, inclusive sobre seu uso; o matemático italiano Campanus de Novara (1220-1296) escreveu o *Theorica Planetarum*, que descreve a construção de um planetário, o primeiro por um europeu, e contém detalhada informação de longitude dos planetas e descrição geométrica do movimento. Os dados foram

[352] ROUSSEAU, Pierre. *Histoire de la Science.*

retirados do *Almagesto* e da *Tabelas de Toledo*, tendo Campanus determinado o tempo do movimento retrógrado de cada planeta e calculado a distância dos planetas e seus tamanhos. Sobre Astronomia, escreveu, ainda, um *Tractatus de Sphaera* e um *Calendarium*; o alemão Jordanus Nemorarius (1225-1260), que escreveu sobre Aritmética, Geometria e Álgebra, no domínio da Astronomia utilizou seus conhecimentos matemáticos no *Planisphaerium* e no *Tractatus de Sphaera*; o judeu francês Jacob ben Tibbon (1236-1312) traduziu o *Almagesto*, escreveu *Quadrante*, onde descreveu um aparelho de sua invenção, e *Luhot* (*Tabelas*), citado na Divina Comédia de Dante e conhecido por Copérnico; o judeu francês Levi ben Ghersom (1288-1344), além de autor de obras de Matemática e de Filosofia, dedicou-se à Astronomia, inclusive inventando um instrumento (bastão de Jacó) para medir a distância angular entre corpos celestes. Após observar o eclipse solar de 1337, propôs uma nova teoria sobre o Sol, a qual submeteu a testes, e depois de observar o eclipse da Lua, em 3 de outubro de 1335, descreveu um modelo geométrico para seu movimento. Ghersom fez várias observações astronômicas do Sol, da Lua e dos planetas através de câmara escura, e julgava que a Via Láctea estava na esfera das estrelas, e que sua luz provinha do Sol; e Alberto da Saxônia (1316-1390), erudito, autor de *Quaestiones Super Quattuor libros de Caelo et mundo*, em que sustentou a tese de que todas as estrelas e planetas receberiam sua luz do Sol.

Caberia mencionar, na Mecânica celeste, Jean Buridan (1300 ?- 1358), que, ao refutar a divisão aristotélica do Cosmos em duas partes – aquém e além da Lua –, aplicou sua teoria do ímpeto aomovimento dos astros e dos objetos no Mundo sublunar.

Especial lugar na Astronomia renascentista ocupa Nicole d'Oresme, que, além de forte opositor da Astrologia e da magia, escreveu um *Tratado da Esfera* e o *Livro do Céu e do Mundo*. Utilizou a Matemática na Física e na Astronomia, defendeu o modelo geocêntrico, mas com o movimento de rotação da Terra, e discordou da teoria do ímpeto, de Buridan, por defender ser o movimento autoconsumível, e não permanente num corpo. Apesar de homem da Igreja (Bispo), defendia a possibilidade de outros Mundos habitados [353].

Menção deve ser feita, ainda, a Roger Bacon, que, em sua *Opus Majus*, apresentou a ideia de que se deveria usar lentes para estudar a abóbada

---

[353] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

celeste, e a Giovanni Dondi (1318-1389), que construiu um relógio com sete mostradores, cada um deles simbolizando um planeta, com dados astronômicos, além de um mostrador extra para marcar o tempo.

5.1.3.3 Física

Na Idade Média, a concepção da Natureza (*physis*, para os gregos) e a explicação dos fenômenos físicos baseavam-se nos ensinamentos bíblicos. Durante todo esse período, não houve pesquisa efetiva, nem estudos sistemáticos, nem interesse significativo para procurar uma explicação lógica e racional, fundamentada na observação e na experimentação, para os fenômenos naturais. A Bíblia para tudo tinha uma justificativa, ainda que, em muitos casos, dependente da Fé. Nada de relevante ocorreu no campo da Física desde os tempos de Arquimedes, isto é, cerca de dezesseis séculos sem qualquer avanço na formulação teórica ou na prática experimental dos fenômenos físicos.

O conhecimento da Filosofia de Aristóteles (século XII), através de traduções do árabe, e, depois, do original grego, viria a modificar totalmente o quadro conceitual dos fenômenos físicos. A Física (Mecânica) do Renascimento científico passaria a ser a da Grécia Antiga, vale dizer, a exposta nas obras *Física*, *Do Céu*, *Meteorológicos*, *Da Geração e da Corrupção* e *Da Alma*, de Aristóteles, com as adaptações introduzidas pela doutrina tomista, como a eternidade do Mundo, a criação simultânea da matéria e da forma e a causalidade eficiente. A Física de Aristóteles era, como explicou Koyré, uma construção teórica "bem equilibrada, de acordo com o senso comum e as experiências da vida cotidiana, e podendo oferecer uma base sólida ao raciocínio e ao prático"[354]. Essa Física, aceita sem grave contestação e fundamentados questionamentos, era, principalmente, circunscrita à Mecânica (Estática, Cinética e Dinâmica). A obra de Arquimedes, como *Sobre o Equilíbrio dos Planos* e *Sobre Corpos Flutuantes*, nos campos da Estática dos sólidos e dos líquidos, ficou esquecida ou desconhecida na Idade Média, só estando disponível, de forma correta e completa, no final do Renascimento científico, com a tradução de Frederico Commandino (1509-1575), em 1558.

Na evolução histórica das Ciências é compreensível que, em vista da grande dependência das chamadas Ciências exatas (Astronomia e Física) da

---

[354] TATON, René. *La Science Moderne.*

quantificação e da medição, o desenvolvimento da Física (Mecânica, Cinética, Óptica, Acústica, Magnetismo) estivesse condicionado aos avanços na Matemática. Como tais avanços foram insuficientes, até o século XVI, para servir de base ao surgimento de uma Física que substituísse, após mais de quinze séculos, a de Aristóteles, os físicos do século XIII ao XV tiveram de se limitar a observar os fenômenos e a descrevê-los, levantar problemas, suscitar dúvidas e evidenciar erros; tal desenvolvimento, contudo, significaria, por primeira vez, a admissão de uma eventual confrontação válida com as teorias prevalecentes.

Após séculos de ausência de pesquisas e de estudos, surgiriam, afinal, figuras importantes, como as de Buridan, Maricourt e Oresme. O dogmatismo da Física aristotélico-tomista começaria, então, a enfrentar seus primeiros críticos e a ter seus princípios contestados. Tal desenvolvimento foi marcante para a evolução da Física, e da Ciência em geral. O debate e os primeiros estudos sobre os fenômenos já indicavam um início de mudança de atitude e de enfoque, apesar de que a falta de apropriada conceituação, de adequada doutrina e de tradição investigativa não permitiria o surgimento, naquela época, da Física nos moldes modernos, o que só aconteceria mais tarde, a partir de Galileu. De qualquer forma, o avanço metodológico e conceitual, ainda que incipiente e insuficiente, indicava um caminho, que, se trilhado, levaria, mais cedo ou mais tarde, a um inequívoco e inevitável rompimento com o passado.

A Física praticamente se limitou à Óptica, cujos principais estudiosos e pesquisadores foram Grosseteste, Bacon, Peckham e Teodorico (Dietrich) de Friburgo; ao Magnetismo, cuja figura central foi Maricourt; e à Mecânica, cujos nomes mais importantes foram Bradwardine, Nemorarius, Olivi, Alberto de Saxe, Buridan e Oresme.

5.1.3.3.1 ÓPTICA - Os primeiros estudiosos da Óptica (Luz) na Europa foram os gregos, através das contribuições de Aristóteles, Empédocles, Platão, Arquitas, Euclides, Arquimedes, Herão e Ptolomeu. Pela tradição grega, a Óptica costumava ser dividida em Perspectiva, Catóptrica e Dióptrica. O tema não suscitou interesse nos séculos seguintes, devendo-se mencionar, contudo, os avanços havidos na cultura árabe, graças ao cientista al-Haytham, cujos trabalhos e pesquisas (órgão da visão, refração, raio luminoso) muito influenciariam os futuros estudiosos ocidentais.

O interesse pela Luz foi devido, principalmente, ao neoplatonismo agostiniano, ao estabelecer uma analogia com a graça divina e com a

iluminação do intelecto humano pela verdade divina, e a possibilidade de seu tratamento matemático (Geometria), como sustentava Aristóteles. Embora tal tratamento metafísico do tema suscitasse particular interesse dos estudiosos franciscanos (Grosseteste, Bacon), o desenvolvimento da Óptica seria impossível, nesse período, sem o conhecimento de Euclides e Apolônio[355] ou sem adequado progresso nas pesquisas matemáticas. A distinção aristotélica entre os aspectos matemáticos e físicos seria respeitada, inclusive além da Idade Média.

Na Europa do século XIII, a chamada Escola de Oxford, com Robert Grosseteste à frente, iniciou a retomada dos estudos da Óptica, a qual passou a ocupar o centro de suas preocupações e pesquisas científicas, como a primeira das Ciências. Retomando as ideias de Platão, o estudo da luz, para Grosseteste, estava no centro da concepção do Mundo físico, pois ela era o problema central de qualquer conhecimento, a forma elementar, o "primeiro princípio do movimento da causalidade eficiente", como assinalou Michel Authier[356]. A Óptica dependeria diretamente da Geometria "porque todas as causas dos efeitos naturais devem ser expressas por meio de linhas, ângulos e figuras, pois de outro modo seria impossível ter conhecimento da razão de seus efeitos". Por outro lado, sustentava Grosseteste que se deveria procurar na natureza do fenômeno o comportamento observado da luz e a igualdade dos ângulos de incidência e de reflexão; somente o conhecimento da natureza física da luz poderia explicar a causa do fenômeno. Em seus comentários sobre os *Analíticos Posteriores* (Aristóteles), Grosseteste tentaria formular uma teoria geométrica da propagação retilínea da luz e do som por uma série de ondas ou vibrações. Assumiria, também, prioridade, sua pesquisa no interesse de determinar o que é o arco-íris, sobre o qual escreveu *De Iride*, com um tratamento quantitativo sobre a refração.

Nesse contexto, o franciscano Roger Bacon, que efetuou experiências em Óptica (refração e leis da reflexão), estudou o fenômeno do arco-íris, através do método indutivo, tendo afirmado que o mesmo era devido a pequenas imagens do Sol desvanecido em inúmeras gotas d'água, e que suas cores (em número de cinco) eram consequência de um fenômeno subjetivo produzido pela visão. Em sua *Opus Majus*, de 1267, afirmaria Bacon ser a velocidade da luz finita e bem maior que a do som. Bacon apresentaria a melhor descrição,

[355] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*
[356] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências.*

até então, da anatomia do globo ocular e dos nervos óticos dos vertebrados, estudo que recomendava para a compreensão do fenômeno da luz[357].

Vale lembrar os nomes e o trabalho dos seguintes pioneiros: o inglês John Peckham (1230-1292), bispo de Cantuária; dedicou-se à Óptica geométrica, sob a influência de al-Haytham, e foi um dos divulgadores da Perspectiva na Inglaterra e no continente europeu. Escreveu um livro intitulado Perspectiva; o dominicano alemão Dietrich (Teodorico) de Friburgo (1251-1310), no seu *De Iride et Radialibus Impressionibus* explicou, por primeira vez, o fenômeno do arco-íris, que seria o resultado de uma combinação de refração e reflexão da luz solar por gotículas de chuvas. Fez experiências para reproduzir os arco-íris primário e secundário, demonstrando este último apresentar invertida a ordem das cores em relação ao primário; e, no final do século XIV, o erudito italiano Blasius de Parma, em *Quaestiones Perspectivae*, tratou da Óptica usando a Perspectiva.

A título ilustrativo deve-se registrar que o melhor trabalho em Óptica, nessa época, seria o do monge dominicano polonês Witelo ou Vitelius ou Vitello (1230-1275), que serviria de referência por vários séculos.

5.1.3.3.2 MAGNETISMO - Pierre de Maricourt (1240- ?), ou Petrus Peregrinus, foi engenheiro do exército francês e o primeiro a aventar a hipótese de converter o magnetismo em força mecânica. Muito apreciado por Roger Bacon, mereceu extensos elogios e reconhecimento na *Opus tertium*. As propriedades das pedras magnéticas, ou calamitas, já eram conhecidas desde a Antiguidade, tendo sido Maricourt o primeiro a efetuar, com notáveis resultados, verdadeira pesquisa científica, digna da época e do método experimental, que nascia[358]. Em 1269, em célebre carta a um amigo, escreveu *De Magnete*, onde relatou suas experiências com objetos imantados e dissertou sobre suas teorias. Maricourt mostrou como determinar os Polos Norte e Sul de um magneto, explicou como os polos iguais se repeliam e como os contrários se atraíam, e adiantou que era impossível isolar um dos polos do magneto quebrando o magneto, pois cada metade se transformava em um magneto completo, com ambos os polos. Enunciou Peregrinus a Lei das atrações e das repulsões[359]. Seus estudos seriam atualizados e melhorados por William Gilbert

---

[357] CROMBIE, Alistair C. *Historia de la Ciencia.*
[358] HORTA BARBOSA, Luiz. *Hildebrando. História da Ciência.*
[359] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

(1540-1603). Descreveu Maricourt uma bússola aperfeiçoada, na qual a agulha magnética era colocada em uma haste rotatória vertical, e não sobre um pedaço de cortiça flutuante, o que viria a permitir o aperfeiçoamento futuro das agulhas náuticas, ligadas à rosa dos ventos, livres do balanço das naves.

5.1.3.3.3 MECÂNICA – A parte da Mecânica, Ciência que se ocupa das forças e do equilíbrio, e de suas leis, que despertaria mais interesse e colocaria sob novas perspectivas a Física de Aristóteles, foi a Cinemática, centrada nos estudos da trajetória, da velocidade e da aceleração de um ponto ou de um sistema, em movimento absoluto ou relativo. Em realidade, a teoria aristotélica do movimento já fora contestada por Philopon, em 517 ("certa energia motriz incorpórea era transferida ao projétil pelo instrumento do jato"), mas sem repercussão no mundo greco-romano e nos mestres escolásticos. No entanto, essas ideias foram bem conhecidas no mundo árabe, tendo adquirido seguidores, como Avicena. Posteriormente, Nemorarius, Pedro Olivi (1249-1298), Bradwardine e Alberto de Saxe (1316-1390) foram estudiosos da matéria, buscando melhorar aspectos da Mecânica peripatética.

Na Física de Aristóteles um movimento constante necessita de uma causa constante, ou seja, enquanto um corpo estiver em movimento, uma força deve estar agindo sobre ele. O movimento de um corpo diante de uma resistência seria proporcional à força motora do movimento, e inversamente proporcional à resistência do meio. Tal relação tornaria impossível a existência do vácuo, pois na falta de resistência, o objeto se moveria com rapidez cada vez maior, até atingir uma velocidade infinita. O Universo, dividido em duas esferas (celestial e sublunar), seria governado por dois diferentes conjuntos de leis. No Mundo sublunar, o movimento retilíneo para cima e para baixo seria o natural; os corpos pesados, por sua própria natureza, procuram seu lugar natural e tendem para baixo num movimento natural. Não sendo, assim, natural a um corpo pesado mover-se para cima, tal movimento violento, ou não-natural, necessitaria de uma causa externa; portanto, para que um corpo utilizasse um movimento não-natural, seria preciso que uma força constante atuasse, caso contrário, o movimento não-natural cessaria. Os corpos leves, ao contrário, se moveriam, naturalmente, para cima. Na esfera celestial, o movimento circular uniforme seria o natural, responsável, portanto, pelo movimento dos corpos celestes[360].

---

360 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

O principal problema suscitado por essa Mecânica era o de se determinar o que mantinha o corpo em movimento quando não havia mais contato do corpo com a causa do movimento, ou seja, porque uma flecha, impulsionada por uma corda de um arco, não caía ao chão depois de perder seu contato com a corda? Segundo Aristóteles, o ar, dividido pela flecha em movimento, fechava-se atrás dela e, assim, continuava a impelí-la. O ar seria o responsável por esse tipo de movimento.

O matemático alemão Jordanus Nemorarius (1225-1260) foi um pioneiro em Mecânica, e foi dos primeiros a estudar alavanca e peso. Escreveu *Elementa Jordani super demonstrationem ponderum* e pesquisou a composição do peso em função da trajetória mais ou menos oblíqua imposta ao objeto.

O matemático inglês Thomas Bradwardine, em seu importante *Tratado sobre as Proporções* (*Tractatus de proportionibus velocitatum in motibus*, 1328), examinou a relação matemática entre a magnitude da força motora de Aristóteles, a força do meio resistente e a velocidade alcançada pelo corpo em movimento; sua conclusão foi a de que as fórmulas até então apresentadas eram inadequadas, pois não satisfaziam o ensinamento básico de Aristóteles, de que o movimento só ocorreria quando a força motora fosse superior à resistência. Juntamente com William Heytesbury, John de Dumbleton e Richard de Oxford, todos do Merton College, da Universidade de Oxford, estudariam o crescimento e o decréscimo, em intensidade, das qualidades cinemáticas. Num trabalho dedutivo, o grupo conseguiria demonstrar que os movimentos uniformemente variados eram equivalentes aos movimentos uniformes, desde que estes últimos fossem descritos com a velocidade média dos primeiros. É a chamada regra de Merton.

O clérigo, filósofo, lógico e teórico da Mecânica e da Óptica, Jean Buridan (1300?-1358), professor da Universidade de Paris (da qual foi Reitor), manifestamente contrário a explicações sobrenaturais para fenômenos físicos, era defensor do princípio da causalidade. Comentou diversas obras de Aristóteles (*Da Alma, Física, Metafísica, Organon, Economia*) e rejeitou a teoria de Aristóteles sobre o movimento de um projétil que seria impulsionado pelo próprio ar. Em *Quaestiones octavi libri physicorum*, desenvolveria Buridan sua própria teoria, a do *ímpeto*, pela qual o ímpeto aplicado a um corpo geraria uma energia motora, proporcional à velocidade e à massa, que o manteria em movimento. Assim, o impulsor cederia ao impulsionado uma potência proporcional à velocidade e ao peso deste último, necessária a mantê-

lo em movimento. A resistência do ar ou a intervenção da *gravitas* progressivamente reduziria o ímpeto, conduzindo o objeto a seu lugar natural[361]. Tal teoria se aplicaria igualmente à Mecânica celeste, já que o movimento dos astros se teria originado de um ímpeto divino; nesse sentido, discordava, igualmente, do Estagirita, ao aplicar a mesma teoria para o Céu e o Mundo sublunar.

O teólogo e filósofo William Ockham (1285-1349), fundador da Escola Nominalista, rejeitou a concepção de Aristóteles e a teoria de Buridan sobre o movimento. Usando seu famoso "princípio da parcimônia" ou "a navalha de Ockham" (as entidades não devem ser multiplicadas sem necessidade), segundo a qual "o movimento como um conceito não tem realidade fora dos corpos em movimento"; afirmaria que, num projétil em movimento, "a coisa que se move num tal movimento, depois que o corpo movido se separou do primeiro impulsor, é a própria coisa movida, não porque haveria uma força qualquer, pois essa coisa que se move e a coisa movida não podem ser distinguidas"[362]. A obra de Ockham significou importante apoio ao empirismo como o verdadeiro meio para se atingir o conhecimento.

Alberto da Saxônia (1316-1390) realizaria estudos sobre movimentos uniformes e uniformemente disformes, por intermédio de experiências com a queda de corpos, e contestaria a noção de Aristóteles de que o centro de gravidade tenderia para o centro do Universo.

O bispo Nicole d'Oresme, que escreveu sobre Matemática, Astronomia, Economia, interessou-se, igualmente, pela Mecânica, estudando o problema dos movimentos uniformes e uniformemente disformes. Sugeriu que a velocidade de descida dos corpos na Terra dependia do tempo de duração da queda, e não da distância percorrida, comprovando a regra de Merton. Rejeitou a tese do movimento celeste de Buridan, distinguindo uma diferença básica entre o movimento celeste e o sublunar: o primeiro era originado pelo motor divino, de Aristóteles, e o segundo movimento era devido à Terra, cujo movimento (não admitido por Aristóteles) comunicava ao corpo um ímpeto que, conjugado à gravidade, fazia o objeto acompanhar o movimento de nosso planeta. Seus textos conhecidos sobre o particular são *De Uniformitate et Difformitate Intensionum* (1350), *Tractatus de Latitudinibus Formarum* (*Tratado sobre as Larguras das Formas*,

---

[361] DUGAS, René. *History of Mechanics.*
[362] BASSALO, José Maria. *Nascimentos da Física.*

publicado somente em 1482) e *Tractatus de Figuratione Potentiarum et Mensurarum Difformitatum*.

5.1.3.4 Alquimia - Química

A Química é uma Ciência dos tempos modernos, desenvolvendo-se a partir do século XVII. Dado o nível de conhecimento da Matemática, da Mecânica e da Óptica, de desenvolvimento técnico e de tradição intelectual teórica, nesta fase, não haveria condições, como no caso das Ciências exatas, de progresso significativo no processo investigativo das propriedades da matéria. Prosseguindo a velha tradição milenar, originariamente oriental (China, Índia, Egito, e importada pela Grécia, Império Bizantino e mundo árabe), disseminou-se na Europa medieval, após as Cruzadas e o acesso a autores muçulmanos (Jabir Ibn Hayya – Geber – século VIII; al-Razi – século X e Avicena – século XI), o interesse pela descoberta de um método que proporcionasse a transmutação dos metais (no total de sete), a descoberta da cura para todas as doenças e um meio para prolongar a vida indefinidamente. Não havia interesse, motivação, método e investigação de caráter científico. O objetivo era produzir ouro, sem preocupações de perscrutar a natureza da matéria, proporcionar a vida eterna ("elixir da longa vida") e curar o Homem das enfermidades por meio de um remédio milagroso (panaceia)[363].

A Alquimia, considerada pseudociência, não traria nenhuma contribuição conceitual à futura Ciência da Química, aceitando, sem discussão, a teoria grega dos quatro elementos, crendo na unidade da matéria, estabelecendo o mercúrio e o enxofre como o princípio da composição dos metais, e determinando uma relação estreita com a Astrologia. Métodos e instrumentos laboratoriais seriam desenvolvidos, como o banho-maria, a destilação para a obtenção de essências perfumadas e a fabricação de cosméticos.

Este Período inicial do Renascimento científico foi o Período áureo da Alquimia. Algumas figuras importantes da intelectualidade medieval (Bartolomeu Ânglico, Vicente de Bauvais, Alberto Magno, Roger Bacon) se dedicaram à Alquimia, ainda que, em alguns casos, como os de Alberto Magno e Roger Bacon, não compartilhassem aspectos místicos da pseudociência. Sua difusão pelos diversos Reinos da Europa ocidental medieval levaria o

363 LEICESTER, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*

Papa João XXII, em 1317, a proibir, sem sucesso, sua prática, a qual continuaria a ser defendida e praticada, inclusive por intelectuais, membros da Igreja[364].

Os seguintes nomes são normalmente mencionados como seus principais adeptos: Alberto Magno, que criticava os alquimistas impostores; realizou experiências e escreveu *De Mineralibus*, onde consta que "o melhor alquimista é aquele cujas experiências se desenvolvem para a imitação dos fenômenos da Natureza; por exemplo, a depuração do enxofre e do mercúrio, sua mistura com a matéria-prima do metal, pois é por este meio que todo metal é criado"[365]; o dominicano Vincent de Beauvais (? – 1260), autor de *Speculum quadruplex naturae* (*Espelho Quádruplo da Natureza*); Roger Bacon, monge franciscano, cultura enciclopédica, reputado como o maior cientista medieval, grande defensor do método experimental, escreveu *Espelho da Alquimia*, no qual comentou que "a Natureza tem por objetivo chegar à perfeição do ouro, e se esforça para tanto sem cessar" e que "o ar é o alimento do fogo", como referido pelo citado Olivier Lafont. Em seu *Opus Minus*, Bacon tratou, igualmente, de Alquimia, uma das razões de sua perseguição pelas autoridades da Igreja; Arnoldo de Villanova (1240- 1319) ou Arnaud de Villeneuve, célebre médico catalão, franciscano, escreveu *O Caminho dos Caminhos*, dando valor especial ao mercúrio, que seria a matéria-prima dos metais; a transmutação só seria possível com a redução prévia dos metais a esta matéria-prima, o que permitiria a transmutação em um metal diferente. Para Villanova, Deus delegou aos planetas (7) o governo da Natureza: Saturno agiria sobre o estômago, Júpiter sobre o fígado, Marte sobre os rins, Vênus sobre os testículos, Mercúrio sobre a bexiga, a Lua sobre o cérebro e o Sol sobre o coração. Para ele, o objetivo último da pesquisa alquímica deveria ser a descoberta do "elixir da vida eterna". Raimundo Lulle (1235-1315), místico, médico catalão, ardoroso crítico de Averróis, escreveu *Ars Magna*; Nicolas Flamel (1330-1418) e Nicolas Grosparmy (primeira metade do século XV), autor de *O Tesouro dos Tesouros*, são também conhecidos alquimistas dessa época.

Se não houve contribuição teórica e conceitual da Alquimia à formação da Química, não resta dúvida de que no campo experimental, técnico, de manipulação e instrumental a tradição alquimista foi de grande valor. A

[364] MASON, Stephen. *Historia de las Ciencias.*
[365] LAFONT, Olivier. *De l'Alchimie à la Chimie.*

experimentação laboratorial desenvolveu preciosa técnica alquímica, relacionada por Roger Bacon como chaves da Arte: solidificação, dissolução, amolecimento, purificação, proporção, separação, destilação, calcinação e fixação[366]. Graças, ainda, à Alquimia, foram inventados, aperfeiçoados e utilizados instrumentos de trabalho, como a retorta, o tubo de ensaio, o alambique, o forno, a balança.

Atribui-se à Alquimia a fabricação do álcool, preparado pela destilação do vinho e da cerveja. No século XIII, na Itália, se preparava a *acqua ardens*, com cerca de 60% por destilação, e a *acqua vitae*, com cerca de 96%, por bidestilação. A *acqua vitae*, de uso medicinal e como dissolvente para a preparação de perfumes, teria grande difusão pela Europa, a partir do século XIV. O médico italiano Tadeu Alderotti (1223-1303) e o catalão Raimundo Lulle introduziriam aperfeiçoamentos na técnica de destilação[367]. A preparação de alguns ácidos, como nítrico e sulfúrico, está descrita numa obra apócrifa *De Investigatione Perfectionis*, do século XIII; ácidos minerais, para emprego na metalurgia, e ácidos concentrados eram, igualmente, produzidos[368].

5.1.3.5 História Natural

Foram extremamente pobres o estudo e a produção no campo da História Natural. Muitos autores deixam de fazer referência ao tema quando examinam essa época da História da Ciência, e poucos são os livros que informam sobre o desenvolvimento da Botânica e da Zoologia. Nada de extraordinário foi pesquisado, estudado ou relatado, baseando-se em, e limitando-se todo o conhecimento da época aos ensinamentos da obra de Plínio, que, por sua vez, compilara e traduzira (às vezes incorretamente) os principais autores gregos, desde Aristóteles a Teofrasto. A contribuição de raros autores foi irrelevante, precária e muitas vezes prejudicial. Enciclopédias (Sumas) que tratassem do assunto o faziam de acordo com seus preconceitos religiosos, uma vez que todas as informações necessárias e relevantes, acreditava-se, já estavam disponíveis nos textos sagrados. Tudo já estava explicado, desde a criação da Terra e dos reinos animal, vegetal e mineral até as condições

[366] WOJTKOWICK, B. *Histoire de la Chimie.*
[367] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*
[368] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

atuais das espécies; o Homem e a Terra eram os mesmos do momento de suas criações, cujas histórias eram conhecidas e ensinadas pela Bíblia e pela Igreja. A pesquisa nesse campo era tabu, o eventual interesse desencorajado, a dúvida reprimida.

Por causa dessas condições negativas e desse ambiente hostil, alguns poucos nomes são lembrados, como de alguma relevância histórica: Frederico II, Imperador do Sacro Império Romano-Germânico, autor de *De Arte Venandi cum Avibus* e do célebre *Tratado de Falcoaria*, no qual estudou cerca de 900 espécies de aves, inclusive as respectivas anatomia, fisiologia e comportamento; Bartolomeu Ânglico (*Sobre as Propriedades das Coisas*) e o dominicano Vicente de Beauvais (*Speculum Doctrinale*), que dedicaram seções de suas enciclopédias à Zoologia e à Botânica; Thomas Henley (século XIII) e Pedro de Crescenzi (início do século XIV – *Ruralia Commoda*), autores de livros sobre Agricultura e Botânica; o dominicano Tomás de Cantimpré (1200 ?- 1275 ?) escreveu *De Naturis Rerum*, entre 1230 e 1250, em 19 livros, nos quais estudou o Homem, os quadrúpedes, as aves, o mar, os peixes, os répteis, os vermes, os insetos e os sapos, as árvores, as ervas, as fontes, as pedras, os metais, o ar, a cosmografia e os sete planetas, a meteorologia e os quatro elementos; posteriormente acrescentou um volume sobre as abelhas e um outro sobre a beleza do Céu e o movimento dos astros; Alberto Magno é reputado como o maior naturalista medieval, tendo escrito *De vegetalibus aut plantis*, no qual ensaiou uma classificação, com base em Teofrasto, e se aventurou na Fisiologia vegetal e na morfologia das flores, e *De Animalibus*, em 26 livros, dos quais os 21 primeiros são de inspiração aristotélica e galênica, e os cinco últimos, com comentários sobre a obra de Zoologia de Tomás de Cantimpré; o alemão Conrad von Megenburg escreveria, em meados do século XIV, a primeira obra científica importante, em alemão, o *Das Buch der Natur*, com observações originais sobre diversos animais e plantas, arco-íris e peste; o italiano Dino de Garbi (? –1327) escreveu sobre plantas e animais; e Egidio Colonna, conhecido como Gil de Roma (1247-1316) escreveu um livro sobre Embriologia (*De Formatione Corporis Humani in Utero*).

Além desses trabalhos sobre a fauna e a flora, os naturalistas iniciaram estudos no campo da Geologia, tendo como fontes principais o *Meteorologicas*, de Aristóteles, o *De Mineralibus*, de Avicena, e duas obras árabes apócrifas do século X, De *Causis et Proprietatibus Elementorum* e *De Elementis*.

A explicação vulcânica de Avicena, de que a principal causa para a emergência de terra firme e formação das montanhas teria sido a erupção da terra por terremotos provocados por ventos no subsolo, foi aceita por Alberto Magno em sua *De Mineralibus et Rebus Metallicis* (1260), bem como a dos fósseis, que seriam vestígios petrificados de plantas e animais. Ristoro d'Arezzo (século XIII) seria o mais conhecido geólogo italiano da época, autor de *La Composizione del Mondo* (1282), que atribuiu à atração das estrelas a elevação da terra seca, reconheceu a influência da erosão da água, explorou os Apeninos e aceitou a origem marinha de certos fósseis. Jean Buridan, em seu *Quaestiones de Caelo et Mundo*, tratou de alguns temas de Geologia.

O erudito Alberto da Saxônia desenvolveu uma teoria da formação da terra firme e das montanhas, com base na gravidade. O lugar natural da Terra era quando seu centro de gravidade coincidia com o centro do Universo; o centro do volume da Terra não coincidia com seu centro de gravidade porque o calor do Sol fazia que parte da Terra se expandisse e se elevasse sobre as águas circundantes, que, por serem líquidas, permaneceriam com seu centro de gravidade no centro do Universo; o deslocamento de terra originava o aparecimento de terra firme, deixando outras terras submersas, justificando a hipótese (que seria refutada por Cristóvão Colombo) de que um hemisfério de oceano equilibrava um hemisfério de terra[369]. O alemão Conrad von Megenburg, em *Das Buch der Natur* propôs que os rios e as fontes se deviam exclusivamente à chuva.

As interpretações sobre a formação das montanhas, de Alberto da Saxônia, sobre os fósseis, de Alberto Magno, e sobre os rios, de Megenburg, seriam aceitas, mais tarde, por Leonardo da Vinci, e seriam adotadas até o século XVII.

5.1.3.5.1 Medicina

A prática da Medicina era prejudicada pelo insuficiente, incorreto e equivocado conhecimento da Anatomia humana e da Fisiologia. Os gregos Hipócrates e Galeno, na Anatomia e Medicina, e Dioscórides, na Farmacologia, continuavam insuperáveis, ainda que presente e atuante a influência árabe (Avicena): a enfermidade era ligada essencialmente a um

---

[369] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

desequilíbrio humoral. A terapêutica indicada era a de procurar restabelecer o equilíbrio rompido através da digestão ou eliminação da matéria nociva. A Medicina esteve estagnada em toda a Idade Média, e nesta fase inicial do Renascimento científico, pela virtual impossibilidade de ser alterado o quadro conceitual e preconceituoso em que se praticava a magia, se utilizavam unguentos e poções, se apelava para curandeiros e se festejavam santos milagreiros. A dissecação era proibida, salvo no curto período autorizado pelo Imperador Frederico II (autorização revogada, logo após sua morte); desde a época de Erasístrato e Herófilo (século III a.C.), não se dissecavam cadáveres humanos (Galeno usava macacos, e a Escola de Salerno, porcos). O contato com o sangue era proibido (*Ecclesia abhorret sanguinem*), impedindo a manipulação, pelos religiosos, de cadáveres. A Universidade laica de Bolonha, e, depois, as de Montpellier (1340) e Paris (1407) foram as primeiras na prática da dissecação. Sem conhecimento da Biologia, a Medicina não poderia adquirir o embasamento científico necessário para cumprir sua finalidade. A Medicina era domínio de clérigos, filósofos e charlatães.

Nesse período, não se registraram invenções notáveis, nem médicos famosos. Diante da postura contrária à percepção sensorial, por ser enganosa, e da impossibilidade de acesso a fontes gregas e romanas, encerradas nos mosteiros, a Medicina não recorreria à experimentação, limitando-se a uma análise puramente teórica e intelectual. O médico reconhecia a doença e a tratava pelos meios terrenos, recorrendo, quando necessário, e com frequência, à ajuda religiosa.

A evolução da Medicina esteve ligada a três fatores: estudo inadequado e insuficiente, em nível acadêmico, limitado a repetir lições de médicos famosos da Antiguidade, pois a pesquisa era considerada como imprópria e desnecessária; as principais cidades disporiam de poucos hospitais e enfermarias, os quais eram mal equipados para atender à população carente; e práticas médicas adquiridas, muitas vezes, por amadores, sem qualquer embasamento teórico.

À Escola de Medicina de Salerno, a primeira do gênero, se seguiriam, em importância, as Universidades de Montpellier, Paris, Bolonha e Pádua, de influência escolástica: dedução lógica e raciocínio analógico[370]. A partir de Constantino, o Africano, em toda a Cristandade se multiplicaram as

[370] TATON, René. *La Science Antique et Médiévale.*

enfermarias e os hospitais, laicos ou religiosos, vinculados a universidades ou a mosteiros, abadias e paróquias, que cuidavam dos enfermos. Embora tais instituições oferecessem oportunidades para o estudo e a prática da Medicina, não haveria significativo progresso no tratamento das doenças, porquanto não havia interesse na pesquisa.

O mais famoso e mais importante médico foi o italiano Mondino de Luzzi (1260-1326), anatomista, professor em Bolonha, autor da célebre *Anatomia de Mondino* ou *Anatomiae Omnium Humani Corporis Interiorum Membrorum* (1316), primeiro livro europeu específico sobre Anatomia. Apesar de ter Mondino praticado dissecação de cadáveres humanos, manteve erros de seus antecessores, em particular de Galeno, em que se baseara para escrever o livro. Na obra, Mondino apresentaria breve descrição de partes do corpo humano, começando com a cavidade abdominal, depois o tórax, seguido da cabeça e dos membros (braços e pernas), ordem de apresentação que se tornaria tradicional no estudo anatômico. De acordo com o livro, que se tornaria manual nas Escolas de Medicina, o estômago era esférico, o fígado tinha cinco lóbulos, o útero sete câmaras e o coração um ventrículo central no *septum*, mas descrevia bem os músculos do abdômen e o duto pancreático. Em Fisiologia, sustentou Mondino que o cérebro era o centro do sistema nervoso[371]. A obra serviria de referência sobre a matéria até Vesalius, no século XVI. Mondino, com sua obra, representou o início de um lento movimento em prol de um enfoque mais científico em uma Medicina centrada no conhecimento biológico.

Outros médicos famosos da época foram o cirurgião e professor italiano Hugo Borgognoni (1160-1250); Guilherme de Saliceto (? – 1280), professor em Bolonha e Verona, pioneiro na sarcologia (estudo dos tecidos musculares), escreveu um tratado de Anatomia (*Chirurgia*); os italianos Hugo de Lucques e seu filho Teodorico (1205-1298), especialistas em cirurgia e cicatrização; Pedro d'Abano (1250-1316), que escreveu *Conciliator differentiarum philosophorum et praecipue medicorum* em sua tentativa de conciliar as Medicinas grega e árabe; Gentile de Foligno, médico em Pádua, teria sido o primeiro a descrever os cálculos biliares; Niccolò da Reggio que, em 1322 escreveu *Anatomia* e traduziu *Sobre as Funções das Partes*, de Galeno; Niccolò Bertruccio (século XIV), de Bolonha, estudou o cérebro; o cirurgião francês Henri de Mondeville (1270 ?-1330), professor em Montpellier,

[371] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

praticava dissecações e escreveu um compêndio médico, com uma parte importante dedicada à Anatomia; Guy de Chauliac, autor de *Chirurgia Magna* (1360), em que descreveu os procedimentos usuais cirúrgicos.

A exemplo da Medicina grega, deu-se importância à dieta e à higiene no tratamento de algumas moléstias, porém as sofríveis condições de vida urbana, sem saneamento, colaboravam na propagação de enfermidades para as quais, muitas vezes, não se conhecia o tratamento. A higiene pessoal era desconhecida. A Europa foi acometida de várias epidemias (as calamidades eram consideradas como punições divinas), das quais a mais célebre e devastadora foi a Grande Peste (peste bubônica) de 1348-1350; a falta de conhecimento e de meios impediu o combate eficaz às doenças contagiosas, porém algumas medidas foram tomadas, como a trintena em 1377, em Ragusa (Dubrovinik) e a quarentena em 1383, em Marselha.

5.2 SEGUNDA FASE (SÉCULOS XV E XVI)

5.2.1 Considerações Gerais

A segunda fase do Renascimento científico ocorreu dentro de um contexto histórico altamente favorável, em que as forças atuantes nos diversos domínios se influenciariam mutuamente e forjariam uma nova Sociedade com anseios, ambições e propostas, que, no passado, teriam sido inviáveis e que agora seriam consideradas revolucionárias e perigosas. O período foi de transição, em que o Homem se transformou no centro das atenções e das preocupações. O rígido teocentrismo medieval (relação Deus-Homem) seria substituído pela glorificação do Homem na relação Homem-Natureza[372]. Assim, esta fase se caracterizaria i) no campo econômico-social, pela urbanização, ascensão da burguesia, mercantilismo, expansão comercial, enfraquecimento do feudalismo (mas que persistiria em algumas regiões), economia monetária, novas instituições bancárias, financeiras e comerciais, desenvolvimento artesanal e industrial, reivindicações sociais dos camponeses; ii) na esfera política, pela consolidação dos Estados nacionais, surgimento do nacionalismo, aumento do poder central, com o apoio da burguesia e com a consequente perda do poder da nobreza, presença marcante do Estado na economia, através de monopólios, concessões comerciais e subsídios, disputas e guerras com o

[372] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*

Papado na luta pelo poder temporal; iii) no âmbito cultural, técnico, de invenções e descobertas, pelo renascimento nas Artes e nas Letras, prestígio da cultura greco-romana, que serviria de modelo e inspiração artística, maior acesso à leitura pelo barateamento e melhoria técnica do livro impresso, no desenvolvimento e na inovação de técnicas (na agricultura, na indústria e no setor bancário), na invenção (impressão no passado, teriam sido inviáveis na invenção gráfica) e nas navegações (circunavegação da Terra) e descobertas (de rotas marítimas, da América) de imensa repercussão em todas as esferas da atividade humana; iv) no setor filosófico, pela continuação do debate (Nicolau de Cusa) acerca da teologia tomista e suas implicações, pelo surgimento do humanismo (Erasmo, Morus)[373] e do neoplatonismo (Ficino, Mirandola)[374]; e v) na área religiosa, pelo crescente anticlericalismo e anticúria Romana, principalmente em Reinos de tradição germânica, pela Reforma protestante que terminaria com a pretensão de Roma de uma religião universal, pelo aparecimento de religiões nacionais, pela Contra-Reforma – católica, pelo enfraquecimento do poder político do Papado, comprometido com o feudalismo – decadente e ultrapassado – hostil ao emergente mercantilismo, pela evangelização dos indígenas americanos e de povos africanos e asiáticos.

Desta forma, para um entendimento do Renascimento científico ocorrido nesta fase é fundamental uma compreensão daquelas transformações havidas em vários domínios e do ambiente cultural, religioso, social e técnico que caracterizaram a transição, ou fim de uma era e início de outra. Não bastaria examinar a evolução política, econômica ou administrativa de um Reino para se entender o Renascimento científico da Europa ocidental nos séculos XV e XVI, que criaria as condições para o advento da chamada Ciência moderna. O centralismo do poder, a Monarquia absoluta, a ingerência do Estado na economia, o patrocínio das Artes e da Ciência pelo poder público, a monetarização da economia, o surgimento da burguesia e a laicização do ensino foram aspectos igualmente cruciais na transformação da Sociedade, possibilitando a evolução do pensamento e o aparecimento de uma nova mentalidade. Tais aspectos podem, contudo, ser examinados no contexto dos extraordinários acontecimentos nos domínios técnico, cultural, filosófico e religioso, que influiriam, de maneira decisiva, no Renascimento científico.

---

[373] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*
[374] WOORTMANN, Klaas. *Religião e Ciência no Renascimento.*

Cinco grandes títulos concentram as grandes mudanças nos diversos campos: i) as grandes navegações abririam novos horizontes, desconhecidos até então, ao Homem medieval; as concepções astronômicas e geográficas tiveram de ser revistas, a partir das descobertas de mares e continentes, de povos e culturas, de flora e fauna; o impacto sobre a economia (monetarização, sistema bancário e comércio) ajudaria o surgimento e fortalecimento da consciência de classe burguesa; ii) o extraordinário desenvolvimento técnico refletiria toda uma transformação de mentalidade, enfoque e interesse. Se bem que a mais famosa e citada invenção seja a da tipografia, com repercussões positivas sobre o desenvolvimento cultural daquela Sociedade, várias invenções, inovações e aperfeiçoamentos distanciariam significativamente as condições econômicas e sociais dos séculos XV e XVI das da Baixa Idade Média; a Engenharia e as máquinas passariam a ocupar papel relevante na Sociedade renascentista, permanecendo a Agricultura, contudo, como a principal atividade econômica; iii) a chamada Segunda Renascença artística foi tributária da cultura clássica greco-romana, atingindo alto valor artístico e abrindo escolas e novos caminhos de expressão na Arquitetura, Artes plásticas, Letras, Teatro e Música, contribuindo para o progresso nas Ciências (Anatomia, Botânica, etc); iv) o culto ao pensamento filosófico grego, até então restrito à síntese aristotélica incorporada à síntese teológica tomista, seria contestado pelos movimentos humanista e neoplatônico; a Matemática (domínio onde ocorreria verdadeira Revolução algébrica) passaria a ser considerada instrumento indispensável para o estudo e a pesquisa no campo científico; v) as profundas modificações no mundo renascentista teriam impacto reformista no domínio religioso, pela rejeição a princípios, preceitos e dogmas estabelecidos pela Igreja Católica Apostólica Romana, ao longo de sua história, os quais teriam distorcido as verdades reveladas na Sagrada Escritura. A Reforma protestante, de retorno à Bíblia, e a Contra-Reforma (Concílio de Trento), de reafirmação da doutrina tomista e da autoridade papal, demarcariam territórios de influência religiosa, com reflexos no desenvolvimento científico.

5.2.1.1 Grandes Navegações

O Mundo conhecido dos europeus medievais era, em termos geográficos, basicamente o mesmo que o da Antiguidade Clássica, acrescido de algumas poucas áreas. O intercâmbio comercial e os contactos culturais eram apenas

um pouco mais intensos e frequentes que em épocas anteriores, mas muitas das vezes estabelecidos de forma indireta. A navegação era limitada ao Mediterrâneo, em pequenas embarcações de madeira, com técnicas de navegação e de construção naval pouco diferentes das de outros tempos. A navegação de curta distância, em mar interior, não exigia o desenvolvimento de técnicas mais sofisticadas, tanto mais que o conhecimento geográfico e geodésico da Terra era bastante precário e insuficiente, a ponto de desestimular aventuras oceânicas. Principal eixo comercial da Europa, o Mediterrâneo era, na realidade, objeto de cobiça das potências, pois seu domínio significava poder sobre a Europa. Ao longo do tempo, a Magna Grécia se espalhara por todo o seu litoral, Roma o transformara em seu *mare nostrum*, Constantinopla dominara, por séculos, toda sua parte oriental[375]. No final da Idade Média, o lucrativo comércio com a Ásia se fazia através dos negociantes e mercadores italianos, que recolhiam, nos portos bizantinos e árabes, as mercadorias, transportadas em caravanas, por via terrestre, pela Rota da Seda (China) e pela Rota das Especiarias (Índia). Com o virtual monopólio da distribuição desses produtos na Europa, as cidades italianas (Gênova, Veneza, Florença, Pisa, Amalfi, Milão) alcançaram um alto nível de desenvolvimento econômico, o qual se traduziria em transformá-las, igualmente, nos principais centros comerciais, culturais e financeiros da época. Tal estado de coisas perduraria por séculos, na medida em que os diversos Reinos europeus não estavam em condições de contestar ou enfrentar o poderio dessas cidades-Estados, fosse por problemas internos (disputa de poder entre o soberano e os senhores feudais), fosse por questões externas (Guerra dos Cem Anos, da Reconquista)[376].

A posição privilegiada de Portugal, no extremo ocidental do continente europeu, no litoral atlântico, estimularia o que muitos autores chamam de vocação marítima do povo português, bem interpretada por João I (1385-1433) e seu filho D. Henrique, o Navegador (1394-1460)[377]. Ambos formulariam, iniciariam e executariam a política, ousada e bem planejada, de circundar a África para chegar às Índias (como chamavam a Ásia), abrindo, assim, uma nova rota comercial alternativa e concorrente à do Mediterrâneo, controlada pelos italianos. De acordo com a estratégia traçada, Ceuta, no

---

375 PIETRI, Luce & Venard, Marc. *Le Monde et son Histoire.*

376 MATTHEW, Donald. *Atlas of Medieval Europe.*

377 ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

Norte da África, foi conquistada (1415), a Escola e o Observatório de Sagres, no Algarve, foram fundados por D. Henrique, em 1418, e as ilhas da Madeira (1419) e Açores (1420) descobertas e, posteriormente, colonizadas. Iniciava-se, deste modo, o que se convencionou chamar de ciclo português de navegação[378]. Ao mesmo tempo em que foram atingidos o Cabo Bojador (1434), por Gil Eanes, o Cabo Branco e o Cabo Verde (1441-1445), por Dinis Dias, na costa ocidental africana, intensos trabalhos em Sagres melhoravam e aperfeiçoavam as técnicas de navegação e de construção naval, tornando mais seguras e factíveis travessias mais longas em águas mais profundas. A queda de Constantinopla (1453) para os turcos otomanos, fechando, praticamente, o acesso comercial à Ásia, incentivaria, ainda mais, Portugal a continuar com sua política de chegar às Índias pela circunavegação do continente africano, o que parecia razoável, após ter cruzado, em 1471, a linha do Equador e ter Bartolomeu Dias, em 1488, dobrado o Cabo da Boa Esperança e atingido o Índico.

Portugal não alteraria sua política e determinação de chegar às Índias viajando em direção sul e leste, a despeito do descobrimento da América por Colombo, em 1492, após viajar para o oeste com o mesmo objetivo; a consulta de Colombo ao mapa de Toscanelli convenceu-o de que a Ásia estaria apenas a 5 mil km a oeste da Europa, erro que o ajudou a persuadir seus patrocinadores a financiarem a expedição. Em 1498, Vasco da Gama chegou a Calicut, abrindo, assim, a rota marítima para a Índia e para a Ásia, transformando-se Portugal, rapidamente, em importante centro comercial europeu. Em 1500, Pedro Álvares Cabral[379], a caminho da Índia, atingiria as costas do Brasil.

A Espanha não tinha tradição marítima, limitando-se seus navegantes a percursos no Mediterrâneo. Os Reinos católicos, envolvidos na Reconquista, em secular luta contra os mouros, que dominavam boa parte do litoral Sul mediterrâneo (Andaluzia), priorizavam, naturalmente, a unificação política da Península, relegando a um segundo plano o que se poderia considerar como aventuras do além-mar. O ciclo espanhol de navegação começou, assim, com Colombo, que, ao viajar para oeste para atingir a Ásia, de acordo com a concepção da esfericidade da Terra, chegaria à América. Seguiram-se viagens de Vicente Pinzón (1499-1500) pelo Atlântico Norte e Nordeste da

---

378 THE TIMES. *O Globo. Atlas da História Universal.*

379 ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

costa brasileira, de Colombo (mais três viagens) às Antilhas, América Central e Norte da América do Sul, de Rodrigo de Bastiadas (1501) ao Panamá, de Vasco Nunez Balboa (1513) ao Pacífico, de Juan Diaz Solis (1516) à foz do Rio da Prata, de Fernão de Magalhães-Sebastian Escoto (1519-1521), na primeira circunavegação, passando do Atlântico para o Pacífico, de José Alvarez Fagundes (1520) à costa oriental do Canadá (Nova Escócia e foz do São Lourenço), e de Cristovão Gomez (1524) ao litoral da Flórida.

A Inglaterra, a França e a Holanda, envolvidas em assuntos internos e europeus, praticamente só iniciariam suas viagens oceânicas e descobrimentos de novas terras a partir da segunda metade do século XVI. As tentativas frustradas de encontrar uma passagem no Noroeste da América para chegar à Ásia (John Cabot, 1497) desestimulariam novos empreendimentos ingleses nessa região. A França enviaria o italiano Verrazano em 1523, e, mais tarde, Jacques Cartier (1534-1542), três vezes, à América (costa do Canadá, estuário do São Lourenço), sem o intuito de ocupar aquelas terras, mas de procurar um acesso à China.

As grandes navegações (particularmente as efetuadas no curto prazo de tempo - 1488 a 1521) tiveram consequências diversas e profundas na Sociedade da época, influenciando e ensejando, em diversos domínios, transformações radicais que caracterizariam um novo Período da História europeia.

Assim, i) no campo político – Portugal e Espanha assumiriam, por algum tempo, um papel hegemônico na Europa, em substituição às cidades-Estados italianas, que perderam o monopólio do comércio com a Ásia, e, consequentemente, a base de seu poder econômico. Lisboa e Sevilha se transformaram em ativos e importantes portos. O domínio das rotas, pela construção de fortalezas e de entrepostos comerciais, asseguraria às primeiras potências coloniais da Época moderna uma situação de prestígio e de poder, que perduraria, no caso da Espanha, até o início do século XVII. O fluxo de grandes recursos para a Coroa reforçaria o poder central, que passou também a contar com o apoio da emergente burguesia. Carlos V, D. Manuel, Henrique VIII, Francisco I, Elizabeth I, Felipe II e Catarina de Medicis são exemplos da concentração do poder, em detrimento da nobreza e dos senhores feudais; ii) no campo sócio-econômico – A resultante expansão comercial traria benefícios generalizados à grande maioria dos países. O comércio transatlântico superaria, em valor, quantidade e diversidade, o intercâmbio pelo Mediterrâneo, e incentivaria a formação de companhias de comércio (França,

Holanda, Inglaterra, Espanha, Portugal) protegidas pelo Estado, o aperfeiçoamento das instituições financeiras (bancos, bolsas) e técnicas (letras de câmbio, títulos), o aumento do meio circulante, inclusive com a chegada do ouro e da prata da América (e que teria como consequência a alta do nível de preços). A agricultura esteve em crise (fomes de 1521-1522, 1531-1532, 1545-1546, 1556-1567)[380], mas novos produtos entrariam na dieta do europeu, como o tomate, a batata, o milho, o cacau. Os entrepostos comerciais das novas potências coloniais se transformariam, igualmente, em centros de captura e comércio das populações nativas para trabalharem, como escravos, nas colônias americanas; iii) no campo religioso – a descoberta de novas terras e de novos povos e o acesso marítimo mais fácil a distantes culturas (China, Índia, Sudeste da Ásia, Japão) abriram perspectivas tão desafiantes para a Igreja de Roma quanto as da época da cristianização dos povos bárbaros (séculos V-X). A evangelização das populações indígenas (América) e de outros povos (hindu, chinês, japonês, malaio) passaria a ser, nos séculos seguintes, uma das principais tarefas da Igreja. Por outro lado, o conhecimento resultante de um Novo Mundo, com novos povos, plantas e animais, e de uma abóbada celeste com novas constelações, traria dúvidas e questionamentos aos dogmas católicos e ensinamentos da Bíblia. Doutores da Igreja, como Agostinho (que negara a esfericidade da Terra e a existência de antípodas) e Tomás de Aquino (que cristianizara Aristóteles) teriam suas verdades expostas a evidências contrárias; iv) no campo científico – a credibilidade da Ciência antiga foi duramente afetada com o acúmulo de informações nos vários domínios, que contrariavam velhas concepções e teorias já aceitas de até então incontroversos mestres; à certeza seguir-se-ia a dúvida. O conhecimento da Geografia, da Cosmologia, da Astronomia e das Ciências naturais teria de ser reestudado e repensado. Uma abordagem experimental na investigação científica se impunha, de maneira a derrubar mitos e reexaminar errôneos conceitos. O princípio da Autoridade, o prestígio dos grandes autores e a força da Escolástica dominante estavam em jogo, uma vez que a evidência dos fatos indicava a necessidade de uma metodologia que contemplasse a observação e a experimentação[381].

Como expressara o pensador e matemático Condorcet, "não se adotava uma proposição porque ela era verdadeira, mas porque ela estava escrita em

---

[380] SEIGNOBOS, Charles. *História Comparada dos Povos da Europa.*
[381] STEVERS, Martin. *A Inteligência através dos Séculos.*

tal livro e porque ela tinha sido admitida em tal país e desde tal século". Revelando os erros e a ignorância dos antigos, as descobertas proporcionaram um novo entendimento da competência e da capacidade do Homem renascentista sobre os antes insuperados Mestres da Antiguidade. O humanista Petrus Ramus (1515-1572) expressaria em *Scipionis Somnium* esse sentimento, ao escrever que "os filósofos, oradores, poetas e eruditos de todas as épocas e de todo o mundo não conheciam aquilo que os navegadores, mercadores e pessoas sem educação aprenderam pela própria experiência, em vez da argumentação"[382].

5.2.1.2 Desenvolvimento Técnico

Aos importantes avanços técnicos (relógio mecânico, bússola, lentes, papel, pólvora, novas fontes de energia) ocorridos na Idade Média e nos séculos XIII e XIV, se seguiria, nesta segunda fase do Renascimento científico, uma série de fundamentais invenções e inovações técnicas que contribuiriam decisivamente para a expansão do conhecimento científico, a formação de um espírito inquisitivo e o progresso nas pesquisas. Ao mesmo tempo, o aperfeiçoamento de máquinas, instrumentos, aparelhos e materiais teria um impacto positivo em diversas áreas de investigação, como Astronomia e Óptica. Se no passado não ficara evidente a estreita vinculação de Ciência e Técnica, fator importante para o mútuo desenvolvimento, o Período do Renascimento científico europeu é um incontestável exemplo da relevância desse vínculo.

A invenção ou aperfeiçomento da técnica de impressão gráfica, por sua enorme e fulminante repercussão em todos os domínios de atividades da Sociedade da época, foi, sem dúvida, o mais importante desenvolvimento técnico desse Período Histórico; alguns autores chegam, mesmo, a considerá-lo como um marco, no Ocidente, da passagem do mundo medieval para a Época moderna. A técnica chinesa de impressão, com blocos inteiriços de madeira entalhada, era conhecida na Europa desde o século XIV, utilizando-a na confecção de cartas para jogar, de tecido e de estampas religiosas. Tal processo era, contudo, oneroso, pouco prático e ineficiente para a confecção de livros, que, naquela época, eram compostos de páginas manuscritas, de pouca durabilidade, ou seja, eram transcritos à mão por uma grande quantidade de copistas.

[382] JAGUARIBE, Helio. *Um Estudo Crítico da História.*

A grande inovação foi a introdução de tipos metálicos móveis, técnica semelhante à que se usava para cunhar moedas e medalhas. Os tipos móveis e intercambiáveis, nos quais cada letra era gravada numa peça independente que podia ser várias vezes reunida a uma outra e várias vezes usada em textos diferentes, constituíram um progresso revolucionário[383]. Johann Gutenberg (1398?-1468), de Mogúncia (Hesse), na Alemanha, inventou (1455) um processo pelo qual prendia os tipos (caracteres) móveis em matrizes (chapas), não mais pela pressãodo papel contra a prancha de madeira, mas por um processo mecânico: a prensa. Os novos tipos podiam ser recuperados indefinidamente, pois quando danificados, voltavam à fundição como sucata. A tinta empregada era obtida de materiais de origem vegetal, como o óleo de linhaça fervido com fuligem ou mistura de vernizes. O papel, que desde o século anterior substituíra o pergaminho nos livros manuscritos, era um excelente material para o trabalho tipográfico.

O barateamento dos custos, o fácil manuseio, a durabilidade do material e a melhor qualidade do produto explicam a extraordinária receptividade ao livro impresso por Gutenberg[384], desde seu lançamento, na segunda metade do século XV. Da Alemanha (1455), a nova técnica foi introduzida na Itália, em 1465; na Suíça, em 1466; na Holanda, em 1469; na França, em 1470; na Bélgica, na Áustria e na Espanha, em 1473; na Inglaterra, em 1476; na Dinamarca, em 1482; na Suécia, em 1483; e em Portugal, em 1487. Calcula-se em mais de oito milhões o número de livros impressos, de 3 mil títulos, entre 1455 e 1500, sendo que, nesse último ano, haveria 1.125 tipografias em 259 cidades europeias. A Itália era o país com o maior número de tipografias, seguida da Alemanha, da França e da Holanda. No final do século XVI, foram realizadas feiras internacionais do livro em Lyon, Francfurt e Medina del Campo, e Paris, Lyon e Veneza se tornaram importantes centros editoriais.

No decênio 1450-1460, desenvolveu-se, igualmente, na Alemanha e na Itália, técnica de imprimir ilustrações em chapas de metal gravadas. Por essa mesma época, desenvolveu-se, também, a impressão por meio da xilogravura, que muito contribuiria para o avanço da Ciência[385]. A Botânica, a Zoologia e a Anatomia muito se beneficiariam das ilustrações, suprindo a insuficiência

[383] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
[384] ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*
[385] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

das descrições verbais e a ausência de uma linguagem técnica; desta forma, os artistas colaboraram nas Ciências descritivas com efeitos revolucionários[386]. O primeiro texto ilustrado, de Anatomia, foi o comentário à Anatomia, de Mondino de Luzzi, publicado em Bolonha, em 1521, por Giacomo Berengario de Carpi, seguindo-se, entre outros, o *Isagoges breves in anatomiam,* em 1523, e o *De dissectione partium corporis humani*, em 1545, de Charles Estienne; menção especial para as belíssimas tábuas anatômicas, desenhadas por Jan Stephan van Calcar para o *De humani corporis fabrica* (1543), de André Vesálio. Na Botânica, as ilustrações de *Herbarum vivae icones*, de Oto Brunfels, por Hans Weiditz, e do tratado *De historia stirium,* de Leonhart Fuchs, foram feitas, com esmero e precisão, de forma a que a reprodução correspondesse à realidade. Na Zoologia, as ilustrações valorizaram os textos de *A Natureza e a Diversidade dos Peixes* e a *História da Natureza dos Pássaros*, ambos de 1555, de Pierre Belon, o tratado *De piscibus marinis,* de 1554, de Guillaume Rondelet, e o *Da Anatomia e da Enfermidade do Cavalo,* de Carlos Ruini.

Aperfeiçoamentos e inovações técnicas, em vários campos, surgiram premidos pela demanda de uma burguesia mercantil ativa e de uma população em expansão. O trabalho em metais foi aperfeiçoado, a invenção do alto-forno facilitou e barateou a obtenção do ferro, desenvolveu-se a fundição. A descoberta da amálgama da prata permitiu explorar melhor e a menor custo as minas do Peru e do México. A mineração, com os trabalhos de Georg Bauer Agrícola, ingressaria na sua fase moderna.

No século XVI, foi introduzido o serviço de posta, origem do atual correio. Trabalho meticuloso e paciente de lapidação de vidros, lentes e cristais continuou incessantemente, com o objetivo de chegar a um produto da qualidade requerida. Foram aperfeiçoados métodos de cultivo na agricultura, iniciando-se, inclusive, a cultura metódica de árvores frutíferas e de flores. Adotou-se a cercadura das terras para as ovelhas, a drenagem de pântanos foi largamente utilizada, novas raças de animais e variedades de plantações foram obtidas, e inovações na maquinaria foram introduzidas, como o semeador mecânico, o debulhador e o rastelo puxado a cavalo. Aperfeiçoamentos na construção naval e novos métodos de Cartografia trouxeram progressos na navegação de longo curso.

[386] ROSSI, Paolo. *O Nascimento da Ciência Moderna na Europa.*

O desenvolvimento industrial e de engenharia nos séculos XV e XVI está refletido nas publicações técnicas dirigidas aos engenheiros, artesãos e técnicos, no vernáculo, uma vez que muitos desses leitores não tinham condições de ler latim. Em 1547, a obra de Vitrúvio sobre Arquitetura foi traduzida para o francês por Jean Martin, e em 1548, para o alemão, por Walter Rivius; a tradução das obras de Euclides, Arquimedes e Herão contribuiria, igualmente, para a expansão técnica.

Além dos autores clássicos, engenheiros, artistas e artesãos da época difundiram seus conhecimentos, iniciando, assim, um novo tipo de saber, relacionado com projetos de máquinas, com a construção de instrumentos bélicos de ataque e de defesa, com as fortalezas, os canais, as barragens, a extração de metais das minas. Como ilustra Paolo Rossi: os escritos dos artistas Brunelleschi (1377-1446); Lourenço Ghiberti (1378-1455); Piero della Francesca (1406-1492); Leonardo da Vinci (1452-1519); Paulo Lomazzo (1538-1600); Konrad Keyser (1366-1405) sobre máquinas de guerra; de Leon Batista Alberti (1404-1472); Francesco Avelino (1416-1470); e Francesco di Giorgio Martini (1439-1502) sobre Arquitetura; de Roberto di Rimini, cujo livro sobre máquinas militares foi publicado em 1472, 1482, 1483 e 1493 na Itália, e quatro vezes em Paris entre 1532 e 1555; os dois tratados de Geometria de Albrecht Dürer (1471-1528) em 1525 e sua obra sobre fortificações em 1527; a *Pirotechnia*, de Vannoccio Biringuccio (1480-1539), editada em 1540 e publicada novamente em duas edições latinas, três francesas e quatro italianas; a obra sobre balística (1537) de Nicolau Tartaglia (1500-1557); os dois tratados de Engenharia (*De Re Metallica,* publicação póstuma, e *Pequeno Manual de Mineração e Experimentação*) de Georg Bauer Agrícola (1494-1555); o *Teatro dos Instrumentos Matemáticos e Mecânicos* (1569), de Jacques Besson; o livro *Le Diverse et artificiose machine* (1588), de Agostinho Ramelli (1531-1590); o *Mechanicorum libri* (1577), de Guidobaldo del Monte; os três livros de Simão Stevin (1548-1620) sobre Mecânica; o livro *Machinae novae* (1595), de Fausto Veranzio (1551-1617); o *Novo Teatro de Máquinas e Edifícios* (1607), de Vitório Zonca (1568-1602); os tratados de navegação de Thomas Harriot (1560-1621) e de Robert Hues (1553-1632)[387].

---

[387] ROSSI, Paolo. *O Nascimento da Ciência Moderna na Europa.*

5.2.1.3 Renascimento Artístico

Os historiadores costumam, de forma geral, enfatizar a importância e o grande significado do avanço técnico e da revalorização dos padrões estéticos clássicos no período em questão. A extraordinária manifestação artística ocorrida na Europa ocidental nos séculos XV e XVI corresponderia, assim, a um dos períodos mais férteis e de mais alto nível estético da Historia da Arte, reflexo de novas concepções e aspirações de uma nova Sociedade. Embora fossem a Igreja e a Nobreza os grandes patrocinadores da Arte (em especial da Pintura, da Escultura, da Arquitetura e da Música sacra), seria crescente o emprego de temas pagãos, da Antiguidade Clássica, nas manifestações artísticas. Paradoxalmente, a grande influência da cultura pagã greco-romana na Renascença, em particular a italiana, teve o encorajamento e o patrocínio da Igreja, cujos Papas (Nicolau V, 1447-1455, criador da Biblioteca do Vaticano; Pio II, 1458-1464; Julio II, 1503-1513; e Leão X, 1513-1521)[388], com fabulosas obras e aquisições artísticas, enriqueceriam o patrimônio e o acervo cultural da Igreja, para a maior glória de Deus, e se tornariam patronos e mecenas de uma Arte de temas e expressão religiosa e pagã. Se no início do *quattrocento* apenas uma de cada vinte pinturas era de cunho pagão, no final do século essa proporção havia quintuplicado; o Vaticano expunha quadros e esculturas com nus e divindades pagãs; o corpo humano era admirado por sua beleza, harmonia e proporção, segundo o modelo grego. Essa contradição seria alvo de crítica da Reforma protestante.

O Renascimento Artístico e Literário, que se iniciara na Itália, no século XIV (Dante, Petrarca, Bocácio, Giotto, e outros) e se espalhara por outros países da Europa ocidental (Chaucer, Froissart, e outros), prosseguiria, nos vários domínios, com o surgimento de extraordinários vultos, ressaltando-se, nas Artes plásticas, Ghiberti (1378-1455), Bruneleschi (1377-1446), Jean Van Eick (1380?~1440?), Donatello (1386-1466), Fra Angélico (1387-1455), Paolo Uccello (1397-1475), Bellini (1400-1470), Masaccio (1401-1428), Alberti (1404-1472), Piero della Francesca (1412-1492), Verrochio (1435-1488), Leonardo da Vinci (1452-1519), Botticelli (1445-1510), Miguel Ângelo (1475-1564), Rafael (1483-1520), Jerônimo Bosch (1450-1516), Hans Holbein (1460-1524) e seu filho Hans Holbein (1497-1543), Giorgione (1478-1510), Andrea Del Sarto (1486-1530), Ticiano (1488-1576),

[388] CHADWICK, Henry; EVANS, G.R. *Atlas of the Christian Church.*

Corregio (1489-1534), Tintoretto (1518-1584), Veronese (1528-1588), Brueghel (1525-1569); foi no início deste segundo renascimnto artístico que o genial Masaccio criou a Perspectiva ao pintar a *Trindade*, na parede da Igreja de Santa Maria Novella, em 1425, e que Leon Battista Alberti, com sua obra *Sobre a Pintura*, de 1435, seria seu primeiro teórico, e foi no final do período que surgiria o maneirismo; na gravura, Albrecht Dürer; na Arquitetura, Bramante (1444-1514), Sangallo (1445-1516) – ao estilo gótico sucederia o renascentista; na Escultura, Cellini (1500-1577); na música, Guilherme Dufay (1400-1474), Johann Ockeghen (1430-1495), Josquin des Prés (1443-1521), Giovanni da Palestrina (1524-1594), Roland Lassus (1530-1590); a ópera surgiria na Itália no final do Período; nas letras, Gil Vicente (1465-1536), Ariosto (1474-1533), Castiglione (1478-1529), François Villon (1431-?), Rabelais (1495-1559), Camões (1521-1580), Du Bellay (1522-1560), Montaigne (1533-1592), Ronsard (1534-1585), Marlowe (1564-1593); na literatura política, Maquiavel (1469-1526), e na historiografia, Guicciardini (1483-1540).

5.2.1.4 Humanismo - Tomismo - Neoplatonismo

Além do Renascimento artístico-literário dos séculos XV e XVI, que restabelecera os ideais gregos de estética, de harmonia, de equilíbrio e de proporção como padrão artístico, a Renascença ocidental foi, também, uma época de grande efervescência intelectual. A antiga civilização grega, recém-descoberta e reconhecida como o ponto mais alto a que chegara a cultura humana, despertaria um grande interesse, admiração e curiosidade nos meios culturais da Europa ocidental e passaria a ser tomada como exemplo a ser seguido e cultivado. O humanismo foi, assim, um movimento artístico, intelectual e filosófico, originado na Itália, que buscaria restaurar uma visão do Mundo que fora deturpado nos séculos anteriores pelo aristotelismo, resguardado institucionalmente pela Igreja e pelo feudalismo. Propunha-se, pois, recuperar o patrimônio filosófico, cultural e intelectual da Antiguidade Clássica e colocá-lo a serviço do Homem, visto como um ser racional.

Os esforços de recuperação intelectual da Idade Média, com base em estudos dos clássicos – como no século VI, no chamado Renascimento de Teodorico, no século IX, no Renascimento carolíngio e nos séculos XI-XII na Escola de Chartres no renascimento religioso, na Escola de Toledo e na corte de Frederico II, na Sicília – não foram bem sucedidos. Tais esforços,

embora bem intencionados, não chegaram a ter, contudo, a divulgação e a penetração necessárias para alterar a ordem medieval, pelo que o interesse por tais iniciativas (mas não movimentos) de caráter intelectual é meramente histórico[389].

A Síntese Teológica de Tomás de Aquino, inicialmente sob forte crítica e aberta oposição de grande número de clérigos, fora aprovada como a nova doutrina da Igreja, sem, contudo, silenciar seus inconformados opositores. Nicolau V tornou o tomismo a doutrina oficial da Universidade de Paris, e Luiz XI decretou que as ideias de Aristóteles e de Tomás de Aquino deviam ser estudadas e dogmatizadas. Ao se valer do Racionalismo, da Ciência e da Filosofia pagã de Aristóteles para mostrar que não havia contradição entre Fé e Razão, a Igreja tornou-se passível de crítica, tanto daqueles que consideravam que a Religião não repousava em provas, mas na crença, quanto dos que questionavam os ensinamentos do Estagirita.

Em confronto com a posição conservadora e dogmática da Igreja, de não aceitar debater temas considerados de sua exclusiva alçada, os humanistas insistiriam em promover os valores gregos, os quais teriam sido deturpados pelo Cristianismo medieval. Já no século XIV, os humanistas se empenharam por um conhecimento amplo e profundo da civilização helênica, principiando pelo estudo do idioma grego, que muito se beneficiaria com a chegada de intelectuais bizantinos à Itália, antes da queda de Constantinopla em poder dos turcos (1453). Estudariam, traduziriam e divulgariam as obras das grandes Escolas filosóficas gregas, em particular de Pitágoras[390], Platão e Epicuro, e estabeleceriam um clima de grande efervescência cultural. Ampliou-se, assim, o conhecimento da Filosofia grega, até então praticamente restrita a Aristóteles, pondo de relevo pontos de vista opostos aos defendidos pelo Estagirita. A principal consequência seria o surgimento de novas ideias, baseadas num neoplatonismo e neopitagorismo altamente críticos da Escolástica de inspiração aristotélico-tomista.

O movimento humanista era crítico, também, do sistema educacional medieval do *Trivium* e do *Quadrivium*, que constituíam as sete Artes liberais, e não se conformava com a estéril discussão escolástica na Universidade; esses dois sistemas educacionais (básico e universitário) funcionavam sob a égide da Igreja. Os humanistas, procurando voltar às diretrizes educacionais

---

389 MATTHEW, Donald. *Atlas of the Medieval Europe.*
390 COLEÇÃO *Os Pensadores - Pré-Socráticos.*

e culturais da Paideia grega, foram responsáveis pela fundação de Academias dedicadas ao estudo, sem preconceitos, da cultura clássica: o humanista e mecenas Cosme de Medicis fundou a Academia Platônica de Florença; Pompônio Letto, a de Roma; G. Pontano, a de Nápoles; Aldo Manucci, a de Veneza, e Vittorino da Feltre, a de Mântua (para jovens de ambos os sexos).

O movimento humanista italiano teve, em sua vertente política e de historiografia, no escritor Nicolau Maquiavel (1469-1527) seu maior representante. Outros grandes nomes foram Collucio Salutatti (1331-1406), Leonardo Bruni (1370-1444), Lorenzo Valla (1407-1457) e o cardeal Bembo (1470-1547), e na vertente literária e filológica, Bracciolini (1380-1459), Gianozzo Manetti (1396-1459), Matteo Palmieri (1406-1475) e Bartolomeu de Sacchi (1421-1481). Seguindo, ainda, o exemplo grego, seriam criadas bibliotecas públicas (Florença, Veneza), uma vez que apenas os mosteiros e os palácios dispunham, para seu uso exclusivo, de acervo de livros.

A dimensão neoplatônica do humanismo italiano foi importante, como atesta a Academia Platônica de Florença, dirigida por Marcilio Ficino (1437-1499), que escreveu *Theologica Platonica*, influenciado por textos apócrifos com ideias semirreligiosas e quase mágicas, atribuídas ao legendário Hermes Trimegisto (do Egito antigo), mas hoje reconhecidos como escritos na Época romana. Tais textos expressavam um conhecimento (prisca teologia) que teria emergido com Pitágoras e Platão[391] e refletido nos ensinamentos de Cristo. Reverenciado como um profeta, pois nos textos podiam ser encontradas a numerologia pitagórica, as ideias platônicas e as crenças cristãs[392], haveria um esforço intelectual tendente a criar uma nova concepção que conciliasse os pagãos Pitágoras e Platão com o Cristianismo. Ficino teria procurado, assim, reviver a Filosofia de Platão, compatibilizando-a com Agostinho, numa tentativa de substituir o aristotelismo tomista por uma nova síntese teológica. Pico della Mirandola (1463-1494), autor de *Conclusiones philosophicae, cabalisticae et theologicae* e de *Heptaplus* (sobre a origem da gênese) foi, por algum tempo, seguidor do neoplatonismo de Ficino, contribuindo, também, para a divulgação dessas novas ideias.

A tentativa de uma terceira síntese, depois das de Agostinho e Tomás de Aquino, fracassaria, mas o neoplatonismo deixaria sua marca. A versão do platonismo (com influência de Pitágoras) exaltava, portanto, a concepção

---

[391] COLEÇÃO Os Pensadores - *Platão.*
[392] STRATHERN, Paul. *O Sonho de Mendeleiev.*

quantitativa do Universo, encorajando o uso da Matemática para mostrar relacionamentos e para demonstrar verdades essenciais sobre todo o conjunto da criação. A Ciência de Aristóteles, como entendida e adotada pelo tomismo e pela Igreja, era, assim, contestada. Como esclareceu Bertrand Russell, de muita importância no pensamento dos humanistas italianos foi a renovada ênfase na tradição matemática de Pitágoras e Platão. Desta forma, o humanismo italiano daria ênfase à Matemática, pelo que a estrutura numérica do Mundo seria novamente enfatizada, deslocando, assim, a tradição aristotélica, que a eclipsara[393]. A consequência futura desse desenvolvimento seria a investigação científica dos séculos XVI e XVII.

Da Itália, o movimento humanista se espalhou pela Europa, adquirindo, nos diversos países, conotações mais de acordo com suas tradições. Na França, de limitada repercussão e circunscrito a um pequeno círculo intelectual, seu introdutor foi G. Fichet, que comentou Cícero, divulgou as obras de Valla e aderiu ao neoplatonismo. Jacques Lefèvre d'Étaples foi admirador de Ficino e interessou-se pela divulgação da cultura grega. Guilaume Budé (1468-1540) seria influenciado por Erasmo, e seu nome está ligado ao da fundação do Colégio de França, por Francisco I, em 1530. Rabelais (1495-1559) e Dolet (1509-1546) são também nomes importantes do movimento humanista na França.

Na Inglaterra, onde um grupo de intelectuais mantinha contactos com humanistas italianos, se formaria um pequeno círculo de estudiosos e divulgadores da cultura clássica grega, cuja primeira grande figura de humanista foi William Grocyn (1446-1519), que influenciaria Colet e Morus; o primeiro, de tendência neoplatônica, e o segundo, sob influência de Erasmo, se manteria um crítico leal da Igreja. Cultor das Letras, Morus[394] celebrizou-se por sua *Utopia*. O humanismo inglês, buscando uma conciliação entre os ideais do humanismo e os da Igreja Católica, patrocinou a fundação da Escola de São Paulo (1509, por Colet) e da Escola *Corpus Christi* (1515, por Fisher), o que explicaria a ausência de traço do paganismo no movimento na Inglaterra, tão nítido no Renascimento italiano.

Na Holanda, o maior vulto do humanismo foi Erasmo, considerado, aliás, como um dos maiores filósofos do século XVI. Apesar de correções na Vulgata de São Jerônimo[395] e de críticas à Igreja (corrupção, ostentação,

---

[393] RUSSELL, Bertrand. *História do Pensamento Ocidental.*
[394] COLEÇÃO Os Pensadores - *Morus.*
[395] CHADWICK, Henry; EVANS, G. R. *Atlas of the Christian Church.*

peregrinação, culto às relíquias, mortificação monástica) e à Sociedade de sua época, no célebre *Elogio da Loucura*, Erasmo[396], em sua famosa polêmica mantida com Lutero, sobre o livre arbítrio, se posicionaria ao lado de Roma.

Na Espanha, as primeiras manifestações do humanismo, pela Universidade de Salamanca, foram de influência italiana. Os nomes mais conhecidos do século XV são os de Pomponio Mantovano, Lucio Marineo Sículo, Antonio de Nebrija e Hernán Nunez. Apesar dos esforços, Salamanca continuaria dominada pelo ensino tradicional e pela discussão entre tomistas, nominalistas e scotistas. Em 1500, o cardeal Francisco Jimenez de Cisneros fundou a Universidade de Alcalá de Henares, que se tornaria o centro do humanismo religioso espanhol. O movimento humanista em Portugal se circunscreveu a um pequeno círculo, em que se sobressaíram Sá Miranda, Gil Vicente e João de Barros.

O humanismo germânico diferia do italiano e do de outras partes da Europa, pois defenderia a cultura e os valores da Idade Média, teria forte conotação religiosa e exaltaria o sentimento nacional. Os humanistas germânicos estudariam o passado para demonstrar que o atraso cultural europeu se deveu ao despotismo clerical, e não às invasões bárbaras. Desenvolver-se-ia, assim, um nacionalismo germânico contrário ao universalismo pregado pela Igreja de Roma, ao mesmo tempo em que se acentuaria um humanismo voltado para o misticismo. A grande preocupação religiosa dos eruditos alemães se refletiria no humanismo de Lutero e de Melanchton (1497-1560). A primeira grande figura do humanismo alemão foi Reuchlin (1495-1559), professor da Universidade de Heidelberg, que se dedicou ao estudo filológico dos textos bíblicos. O estudo dos clássicos tinha a finalidade precípua de proporcionar um claro entendimento das Sagradas Escrituras, no dizer de Rudolf Agrícola (1444-1485), sendo válido por sua finalidade de fortalecer a Fé. As universidades (Erfurt, Wittenberg) contaram com a colaboração de professores italianos, mas sem o ceticismo e a irreverência do Renascimento italiano. Várias Academias foram fundadas no Império: a de Münster, por Rudolf von Langen, e a de Schlettstadt, a *Sodalitas Litteraria Rhenana*, a *Sodalitas Danubiana* e o *Collegium Poetarum et Mathematicorum*, pelo renomado humanista Conradus Celtis.

As críticas do humanismo ao ensino escolástico discursivo e acadêmico, das universidades, centralizado na Filosofia Natural de Aristóteles na

[396] COLEÇÃO Os Pensadores - *Erasmo* .

interpretação da Síntese tomista com a sanção da Igreja, teria um impacto no meio intelectual que se traduziria, a partir do séulo XVII, na criação de sociedades dedicadas ao desenvolvimento da investigação científica e sua divulgação, como no caso das Academias de Ciências de Paris e de Londres.

5.2.1.5 Reforma Protestante - Contra-Reforma

Em tese, a Europa, desde a conversão dos bárbaros (século X), era totalmente cristã, com exceção de parte da Península Ibérica, sob a dominação de árabes muçulmanos. A influência da Igreja de Roma era marcante em todas as classes sociais, e a Religião estava presente no cotidiano da Sociedade medieval. A Lei da Igreja, paralela e independente do sistema laico, se aplicava, através de tribunais, nos diversos Reinos; as universidades eram dirigidas ou controladas pelos religiosos; na maioria das vilas, a igreja era o único ou o principal prédio público, onde se realizavam as festas e os folguedos religiosos; a hierarquia eclesiástica estava aliada ao trono.

Apesar dessa posição invejável, sem rival, a Igreja sempre foi alvo de críticas, queixas, ressentimentos e recriminações. A situação não se modificou no início do século XVI, pois nenhuma medida fora tomada anteriormente para calar os críticos e os queixosos. O clima anticlerical, não percebido pelas autoridades de Roma, se deveu a várias, persistentes causas, das quais as mais evidentes eram i) a ignorância de muitos clérigos, ii) o absenteísmo, muito comum, de autoridades eclesiásticas de suas paróquias, iii) a falta de instrução religiosa dos fiéis, iv) a conduta mundana da hierarquia, v) o mau uso do poder em benefício próprio por bispos, monges e abades, vi) os privilégios (isenção de impostos, cobrança de dízimos) da Igreja e do Clero, vii) o favorecimento do Clero italiano, em prejuízo do nacional (dos 670 bispados, 300 eram na Itália, e apenas 90 na Alemanha. A Irlanda, menos povoada, tinha mais bispados (35) que a Inglaterra, Gales e Escócia reunidas[397]), viii) o pluralismo clerical (diversas ocupações, negligenciando seus deveres, pelos quais recebiam pagamento), ix) os gastos excessivos de Roma com luxo e ostentação, x) o relativo abandono dos padres das zonas rurais e vilas, que tendiam a se identificar com os pobres e os trabalhadores, enquanto a alta hierarquia, recrutada na aristocracia, frequentava a corte. O dominicano Jerônimo Savonarola (1452-1498) foi um dos mais expressivos

[397] CHADWICK, Henry; EVANS, G. R. *Atlas of the Christian Church.*

contestadores das práticas mundanas da Cúria Romana. Se bem que esse movimento radical não viesse a progredir, ele refletia o clamor de parcela da Sociedade, de fazer voltar o Clero a obedecer às regras canônicas.

Ao mesmo tempo, o secularismo político da Igreja, resultante de sua condição de governante (estados pontificais, cidades-bispados), envolveu-a em lutas diplomáticas e militares com vários Reinos, num momento de ascensão do poder monárquico, do nacionalismo e da oposição do Sacro Império Romano-Germânico às ambições universais do Papado romano. A imensa riqueza da Igreja instigou a cobiça e a ambição de nobres e burgueses, que aspiravam à posse dos bens eclesiásticos para seu próprio proveito, enquanto os camponeses pretendiam livrar-se dos dízimos e da servidão, que os impossibilitava de viajar pelo País e que os mantinha em situação miserável. Todo esse quadro criou uma indignação moral contra a conduta do Clero, incitou a oposição de diversos governos laicos às pretensões de Roma e alimentou um sentimento nacionalista irritado pela exploração por estrangeiros[398]. Na realidade, o Catolicismo, por suas críticas e oposição ao lucro e à usura, alienava parte da crescente e pujante burguesia dos estados alemães, da Inglaterra, de Flandres e da Holanda, altamente interessados nas atividades comerciais, que lhes proporcionavam riqueza e poder (a Bolsa de Antuérpia foi criada em 1531).

Aos resultantes anticlericalismo e Anticúria Romana, teve a Igreja de enfrentar o grave problema, de ordem teológica, da interpretação dos ensinamentos da Bíblia, ou, em outras palavras, a controvérsia teológica. A divulgação de traduções de textos religiosos antigos, principalmente do Antigo e do Novo Testamento, levou, inevitavelmente, a comparações entre os ensinamentos ali contidos e as doutrinas então vigentes; erros nas traduções oficiais da Igreja foram detectados e comentados, sendo a própria Vulgata de São Jerônimo objeto de crítica. A Teologia adotada na primeira fase do Renascimento científico, conhecida por tomismo, ao reformular a Teologia da Idade Média (Agostiniana), desencadearia uma verdadeira cisão dentro da Igreja, na medida em que grande número de prelados contestava a nova doutrina, que recuperara a cultura pagã grega e a transformara em sustentáculo da Fé, através da Razão e da Lógica aristotélicas. Os opositores continuavam a sustentar Agostinho (onipotência divina e predestinação) contra a Escolástica, que rejeitava a predestinação e colocava a salvação na dependência do

---

[398] SEIGNOBOS, Charles. *História Comparada dos Povos da Europa.*

Homem – livre arbítrio – e da Igreja, única com poder para ministrar os sacramentos[399]. Para resolver a questão, a Igreja teria de tomar a decisão em um concílio geral, que os Papas se recusavam a convocar, mas quando o fizeram (Concílio de Latrão - 1415), foi para confirmar a autoridade papal.

Duns Scot (1266-1308) e William Ockham (1290-1349) foram os primeiros e os mais importantes opositores da doutrina tomista. John Wyclif (? – 1381) e Jan Huss (? – 1415) buscaram tanto reformar o Clero quanto combater a nova Teologia com uma nova leitura da Bíblia. Roma, que não cedera às críticas sobre sua atuação secular e política, não aceitaria renunciar à sua inalienável autoridade em matéria de Fé, colocando em juízo sua milenar prerrogativa de estabelecer a correta interpretação dos textos sagrados. Todas as tentativas de reformas foram frustradas, e vários de seus líderes condenados como heréticos. O erudito Lorenzo Valla (1405-1457), o teólogo Jacques Lefebvre d'Étaples (1450-1537) e os humanistas Erasmo (1465?-1536), John Colet (1467-1519), Guillaume Budé e Tomas More (1478-1535) foram alguns exemplos eloquentes de frustradas tentativas de reforma sem quebra da autoridade papal[400].

As causas da Reforma foram, assim, múltiplas, mais profundas que a mera corrupção clerical ou a discutível impureza doutrinária. Na realidade, as profundas transformações sociais, políticas, econômicas e culturais por que passava a Europa ocidental no contexto do Renascimento teriam, inevitavelmente, um impacto na Teologia prevalecente, a qual teria de se ajustar às necessidades.

O estopim da Reforma protestante foi a chegada a Wittenberg, em 1517, do frade dominicano Johann Tetzel, encarregado pelo Papa Leão X (1513-1521) de vender indulgências na região, a fim de custear as obras, iniciadas em 1506, da Basílica de São Pedro, em Roma. O frade agostiniano Martinho Lutero (1483-1546), professor de Teologia em Wittenberg, que se opunha a tais práticas, decidiu insubordinar-se, afixando, em 31 de outubro daquele mesmo ano, na porta da Igreja local, suas célebres 95 proposições, nas quais defendia, entre outras teses, a de que a Fé em Deus era bastante para granjear pela, graça divina, a salvação eterna, não havendo necessidade de mediação sacerdotal ou de sacramentos. A crença dispensaria provas. Tudo que a Igreja acrescentara à Cristandade, que não estivesse no Novo Testamento, era

---

399 AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*
400 RUSSEL, Bertrand. *História do Pensamento Ocidental.*

questionado, como: sacramentos, crença no purgatório, infalibilidade papal, celibato do Clero, transubstanciação da eucaristia[401].

Somente em junho de 1520, pela Bula *Exsurge Domine*, a Igreja rejeitou 41 das proposições de Lutero, intimando-o a abandonar suas ideias erradas, ou seria excomungado. A resposta de Lutero foi queimar, em praça pública, a Bula papal, em dezembro daquele mesmo ano, para ser excomungado em janeiro seguinte. O recém-eleito Imperador Carlos V convocou, ainda em 1521, a Dieta em Worms, com o objetivo de extirpar de seus domínios a heresia. Condenado, Lutero foi acolhido por Frederico II, da Saxônia, que, ao impedir, assim, sua prisão, permitiria ao ex-monge desenvolver, em liberdade, uma intensa atividade literária, publicitária e de divulgação de sua doutrina.

Outros reformadores importantes (Zwinglio, na Suíça, 1484-1531, John Knox, na Escócia, 1505-1572, Calvino, em Genebra, 1509-1564) surgiriam, dando mais impulso e força ao movimento protestante. Reis, príncipes e outros governantes de Estados alemães, da Escandinávia, da Inglaterra e outros Reinos, interessados no fortalecimento de sua autoridade e no confisco dos imensos bens da Igreja, adeririam à Reforma, impondo o novo credo em seus domínios. Henrique VIII, Rei da Inglaterra, seria designado Chefe da Igreja anglicana em 1534, terrível golpe no poder e no prestígio de Roma. A Paz de Augsburgo (1555), que encerrou o enfrentamento do Imperador Carlos V com os príncipes protestantes, assegurou a esses governantes o direito de escolha de Religião, o que implicava a conversão ao Protestantismo dos habitantes das regiões cujos governantes tivessem abraçado a Reforma.

Com o êxito do proselitismo protestante, o mundo católico na Europa teria suas dimensões geográficas e populacionais bastante reduzidas. A reação se traduziu nos esforços da Igreja com a Contra-Reforma, através de várias medidas, das quais ressaltam: i) a fundação, em 1534 (e oficialização em 1540), da Companhia de Jesus, por Inácio de Loiola, com o propósito doutrinário de se opor aos ensinamentos agostinianos, adotados pelos protestantes, e defender o livre arbítrio[402]. Os jesuítas assumiriam a responsabilidade de educar a juventude, especialmente a da classe dominante, para forjar uma nova elite católica. Centenas de instituições educacionais foram fundadas na Europa, que, de acordo com os ensinamentos clássicos

---

[401] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*
[402] RUSSELL, Bertrand. *História do Pensamento Ocidental.*

da Paideia grega, incluía no seu programa o ensino de línguas (Latim e Grego), Retórica, Lógica, Metafísica, Ética, Ciências, Gramática e Música[403]; ii) a reinstalação da Inquisição em Roma (1542) e iii) a realização do Concílio de Trento, que duraria 18 anos, de 1546 a 1563, durante o Papado de Paulo III (1534-1549), Julio III (1549-1555), Paulo IV (1555-1559) e Pio IV (1559-1565)[404]. Diante do progresso do Protestantismo e das crescentes críticas a atitudes e ao comportamento do Clero, o Concílio considerou necessário abandonar a posição complacente até então seguida nos campos doutrinário e pastoral, e reafirmou, em sua decisão final, uma postura de maior intransigência e dogmatismo ideológicos e de maior rigor na defesa e na propagação da Fé. Assim, as principais decisões seriam: a) a Igreja reconhecia o valor das tradições, e a ela cabia interpretar a Sagrada Escritura, b) o Homem tanto pode se preparar para receber quanto para recusar a graça divina, e as boas obras são o complemento necessário da Fé, c) os sete sacramentos são divinos, d) a missa é um verdadeiro sacrifício, que atualiza aquele de Cristo na cruz; na eucaristia, Cristo está realmente presente sob a aparência do pão e do vinho, cujas substâncias se transformaram em seu corpo e seu sangue, e) a Igreja é essencialmente hierarquizada, e o sacerdócio é uma instituição divina[405], f) o uso exclusivo do latim, g) a indissolubilidade do casamento, h) o caráter obrigatório das peregrinações, procissões e ladainhas[406].

O conflito doutrinário, que geraria também rivalidade política e luta pelo Poder se aprofundaria a partir do Concílio de Trento, com a política mais agressiva da Igreja. O sectarismo e as perseguições religiosas, de lado a lado, se intensificariam, e em pouco tempo a Europa ocidental seria palco de guerras (Guerra dos 30 Anos), guerras civis e matanças (Noite de São Bartolomeu).

5.2.2 A Ciência na Segunda Fase do Renascimento Científico

A intelectualidade renascentista diferia fundamentalmente da medieval, pois enquanto esta estudava “os livros muito mais que a Natureza e as opiniões

---

[403] TARNAS, Richard. *Epopeia do Pensamento Ocidental.*
[404] CHADWICK, Henry; EVANS, G.R. *Atlas of the Christian Church.*
[405] PIETRI, Luce ; VENARD, Marc. *Le Monde et son Histoire.*
[406] SEIGNOBOS, Charles. *História Comparada dos Povos da Europa.*

dos antigos antes que os fenômenos do Universo"[407], aquela, sob o impacto de extraordinários acontecimentos, desenvolveria uma mentalidade individualista, inconformista, contestadora, competitiva, crítica. A Europa ocidental se encontrava no limiar de novos tempos. A invenção da impressão gráfica; o descobrimento de novas terras, novos povos, novas culturas, novos animais e novas plantas; o mercantilismo e a economia monetária; a ascensão da burguesia; a centralização política; o absolutismo monárquico; a decadência do feudalismo, seriam algumas das principais forças criadoras de uma nova Sociedade. Uma nova mentalidade e uma nova psicologia (social e individual) emergiriam dessa nova situação e marcariam decisivamente a Sociedade e o Indivíduo renascentistas.

O impacto dessa situação absolutamente nova e totalmente subversiva da ordem estabelecida, nos domínios cultural, filosófico e religioso, seria devastador para a credibilidade dos ensinamentos recebidos da Antiguidade Clássica. Em pouco tempo, as noções de Geografia, Astronomia, Botânica e Zoologia, por exemplo, teriam de ser revistas, à luz das novas descobertas, que, graças à divulgação de livros impressos, eram de domínio público. O humanismo ampliava o conhecimento da cultura grega além da Escola Peripatética, com o estudo e a divulgação das obras de Pitágoras, Platão, Epicuro e outros filósofos, restabelecendo, assim, a diversidade de correntes de pensamento grego. Quebrado, dessa forma, o virtual e relativamente recente monopólio da Escola aristotélica, a tradicional cultura seria, em alguns aspectos, objetada e reexaminada; o pensamento filosófico e científico de Aristóteles passaria a ser, ainda que dominante, o alvo de crítica, análise, questionamento e, até mesmo, de rejeição. Em consequência, durante o Renascimento científico, a Escola aristotélica, dogmatizada pelo tomismo, de um lado, e as Escolas pitagórica e platônica, conhecidas, agora, como neoplatônica, de outro, estariam frente a frente, estabelecendo-se uma confrontação de ideias e de concepções, extremamente fértil para o futuro desenvolvimento do espírito científico. Esse confronto evidenciaria a origem grega da Ciência moderna ocidental, que surgiria e se constituiria no século XVII, com o desenvolvimento da Matemática, da Astronomia e da Física.

A concepção de Pitágoras de que tudo é número, e que a realidade podia ser expressa por proporções numéricas, levaria o filósofo-matemático grego a uma visão mística do Mundo, fundada sobre a noção de números.

---

[407] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*

De parcial aceitação na Antiguidade e de rejeição na Idade Média, voltaria a Filosofia de Pitágoras a suscitar interesse a partir do século XV (humanismo), com a paulatina aceitação da ideia de que todo o fenômeno natural poderia ser descrito em linguagem matemática. Ao mesmo tempo, a Filosofia Natural aristotélica sofreria severas críticas, na medida em que suas explicações não tinham conteúdo matemático, porquanto se concentrara na explicação conceitual dos fenômenos, nas causas das mudanças na Natureza e no Universo; sua Física e sua Cosmologia são frutos dessa concepção[408].

Era evidente ao intelectual renascentista que o formidável avanço, em vários campos, resultara do esforço humano, através da observação, da pesquisa, da verificação e da experimentação. A racionalidade não bastava para explicar a Natureza e o Universo. Ao mesmo tempo, a quantificação, à medida que progrediam os estudos e a simplificação do cálculo, se tornava mais usual e mais importante na execução dos trabalhos experimentais. O conhecimento teórico não seria descartado, mas a experimentação e a matematização passariam a ser elementos essenciais na metodologia, ainda nascente, empregada para o estudo dos fenômenos do Mundo físico.

Se Grosseteste e Roger Bacon já haviam enfatizado a aplicação da Matemática para se chegar à verdade exata na experimentação científica, Nicolau de Cusa e Leonardo da Vinci seriam seus grandes arautos ao defenderem, em diversos apontamentos, a necessidade de sólida base teórica, de cuidadosa experimentação e do emprego da Matemática no trabalho científico.

No Renascimento científico, quando se expandiu o conhecimento do Homem e do Mundo, quando se analisaram e se criticaram os ensinamentos da Autoridade, pondo em xeque a até então indiscutível Física aristotélica, quando a experimentação e a Matemática se tornaram essenciais na pesquisa científica, quando a Filosofia pitagórico-platônica retornou com nova roupagem, dois nomes excepcionais dos primeiros momentos devem, por sua importância, ser tratados à parte: Nicolau de Cusa e Leonardo da Vinci, representativos de uma mudança radical de mentalidade da intelectualidade da nova Sociedade.

Nicolau Krebs (1401-1464), conhecido como Nicolau de Cusa, por causa do lugar de seu nascimento, estudou Direito em Heidelberg e Pádua, onde se diplomou em 1418[409]. Doutor em Direito canônico, formou-se na

[408] BEN-DOV, Yoav. *Convite à Física.*
[409] ASIMOV, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

Universidade de Bolonha em Direito civil. Conhecia latim, grego, hebraico e árabe. Abandonou a prática da advocacia e ingressou na carreira eclesiástica, estudando na Universidade de Colônia. Exerceu várias missões para a Cúria romana (Constantinopla) e participou de diversas Dietas (Mainz, 1441; Frankfurt, 1442; Nüremberg, 1444; Frankfurt, 1446) e junto à corte de Carlos VII, da França, em favor do Papa Eugênio IV, que o nomeou cardeal, dignidade confirmada por Nicolau V, em 1449. Erudito, teólogo, filósofo, interessou-se pelas Ciências, principalmente a Matemática, a Astronomia (e a Cosmologia) e a Física. Suas ideias originais o colocam como pioneiro em vários domínios, ainda que, em muitos casos, suas opiniões fossem fruto de mera especulação ou intuição intelectual, sem fundamentação científica. Nicolau de Cusa não foi um pesquisador, nem fez qualquer descoberta científica relevante, mas sua importância decorre tanto por sua coragem de defender ideias contrárias ao dogmatismo corrente quanto pela defesa do emprego da Matemática (quantificação, medição) como ferramenta indispensável no trabalho científico. Exerceu influência sobre as gerações futuras de pensadores e cientistas (Leonardo da Vinci, Werner, Bouelles, Giordano Bruno, Copérnico, Stifel, Rudolff, Kepler), ainda que suas ideias não se baseassem, muitas vezes, em observações detalhadas, cálculos ou teorias. Na realidade, Nicolau foi um filósofo interessado em compreender e explicar o Mundo físico, reconhecendo o valor da Matemática nesse empreendimento. Escreveu extensamente sobre vários assuntos, como jurídico – *De Concordantia Catholica* e *De Auctoritate praesidendi in Concilio Generali* (1432-1435) –; teológicos – *De Cibratione Alchorani* (1460), *De Quaerendo Deum* (1445), *De filiatione Dei* (1445), *De Visione Dei* (1453), *Excitationum Libri X* (1431-1464); e filosóficos – *De Docta Ignorantia* (1435-1440), *De Conjecturis* (1440-1444), *Compendium* (1464), *Dialogus Trilocutorius de Possest* (1454). Considerado por muitos como panteísta católico, denominava o Criador de *Possest* (posse – possível, e est – real), ou seja, se é possível é real. As obras de Nicolau de Cusa foram coligidas e editadas, em três volumes, como *Opera Omnia*, em Paris, em 1514.

Em *De Docta Ignorantia* estudou a questão do finito e do infinito. Para Cusa, todo pensamento consistia de uma relação que melhor se expressa em números. Como o número exprime, essencialmente, a oposição do grande e do pequeno, estes pertencem ao domínio do finito. Pode-se ir, em uma progressão indefinida, do maior ao menor, mas não se pode chegar, no finito,

ao máximo ou ao mínimo, ou seja, onde uma grandeza maior ou menor seja impossível. Para se atingir o máximo ou o mínimo, é necessário transcender a série indefinida de grande e de pequeno, ou seja, o máximo de grande e o mínimo de pequeno coincidiriam apenas na noção do infinito. Este é o princípio da coincidência dos opostos no infinito[410]. Tal princípio da coincidência seria igualmente válido no campo da Geometria, onde, no finito, são opostas reta e curva. A curvatura de um círculo diminui à medida que aumenta seu raio e ela aumenta quando seu raio diminui, mas esta curvatura nunca será mínima ou máxima. No infinito, tal oposição desaparece, quando curva e reta coincidem. Nicolau afirmava, em consequência, que tal coincidência ocorreria entre a figura mínima – o triângulo (número mínimo de lados) – e a figura máxima – o círculo (máximo absoluto de número de lados).

No domínio da Matemática, escreveu *De transmutationibus geometricis* (1450) e *De Mathematica perfectione* (1458), onde estudou o problema da quadratura do círculo. No campo da Astronomia e da Cosmologia, suas concepções se encontram também espalhadas em suas obras de cunho filosófico. Apesar de defender opiniões contrárias aos ensinamentos aristotélico-ptolomaicos, dogmatizados pela Igreja Católica, não foi Nicolau de Cusa hostilizado ou perseguido, nem suas obras proibidas pela Cúria Romana, tendo, mesmo, chegado à dignidade de cardeal, o que confirma o clima de tolerância e complacência geral admitido, nessa época, pela Cúria de Roma. Foi, contudo, acusado de panteísta, e para se defender, escreveu *Apologia doctae ignorantiae* (*Apologia da Sábia Ignorância*), em 1449, na qual citou autoridades da Igreja em defesa de suas ideias. Algumas de suas ousadas ideias e especulações viriam a se confirmar, enquanto outras ainda não passaram de mera especulação.

Em várias obras – *De Docta Ignorantia* (1440), *De Venatione Sapientiae* (1463), *Dialogus Trilocutorius de Possest* (1454), *De Ludo Globi* e outros escritos –, Nicolau de Cusa expôs suas percepções cosmológicas: o Universo era ilimitado, pelo que negava a existência de direção e de lugares privilegiados no espaço; alto e baixo eram noções puramente relativas; negava a existência, no Mundo, de pontos fixos, de movimentos perfeitos, de movimentos estritamente circulares, de periodicidade rigorosa dos movimentos celestes. Suas ideias revolucionárias incluíam, ainda, o movimento de rotação da Terra, o heliocentrismo, a existência de outros

[410] TATON, René. *La Science Moderne.*

mundos habitados[411]. Escreveu que "a Terra não pode ser imóvel; ela se move como as outras estrelas; ela gira em torno dos polos do Mundo, como diz Pitágoras, uma vez cada 24 horas..."[412]. A concepção cosmológica de Nicolau, por contrariar frontalmente a doutrina contida no *Almagesto* e aceita oficialmente no Ocidente (Universo finito), e por não apresentar base científica (Matemática, Física), não teve grande repercussão, nem seguidores, a não ser Giordano Bruno, que adotou várias das suas ideias. Ainda no domínio da Astronomia, introduziu melhorias nas *Tábuas Alfonsinas* (1272), um método prático para encontrar a posição do Sol, da Lua e dos planetas no modelo de Ptolomeu.

Como tantos outros matemáticos e astrônomos, propôs, no *De Reparatione Calendarii* (1436), uma reforma do Calendário Juliano, o qual, no entanto, só seria alterado cerca de 150 anos depois.

Na Física, defendeu o caráter natural do movimento de rotação de toda a esfera perfeita (*De Ludo Globi*), o uso da Matemática na Física, Meteorologia e Fisiologia (*De Staticis experimentis,* 1450) e o emprego de instrumentos de medição e pesagem, e foi pioneiro na conclusão de que o ar tinha peso. Fabricou óculos de lentes côncavas para míopes. No domínio da Biologia, afirmava que as plantas tiravam sua subsistência do ar, e sugeriu a contagem das pulsações arteriais como meio de diagnóstico.

Leonardo da Vinci (1452-1519), nascido na Toscana, era filho ilegítimo de Pietro da Vinci, advogado florentino, e de uma camponesa, de nome Catarina. Por demonstrar talento para a pintura e o desenho, foi trabalhar como aprendiz (1467-1477) do famoso pintor, escultor e ourives Andrea Del Verrochio. Aí aprendeu a lidar com madeira, mármore, metais e máquinas (talhas, guinchos, etc), a se familiarizar com técnicas de pintura, gravura e escultura, e passou a se interessar pela Mecânica. Ao deixar a oficina de Verrochio, dedicou-se à Pintura (*S. Jerônimo*, *Adoração dos Magos*) e mudou-se para Milão, onde serviu a Ludovico Sforza, quando desenvolveu projetos de Engenharia militar, realizou trabalhos hidráulicos sobre os canais da cidade, projetou a Catedral de Milão e colaborou na fundação da Academia de Milão. Prosseguiu suas atividades artísticas, pintando *A Última Ceia*, *A Virgem dos Rochedos*, e esculpiu a inacabada estátua equestre de Francisco Sforza. Nesse Período, escreveu o *Trattato della Pintura*, publicado em

[411] KOYRÉ, Alexandre. *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito.*
[412] TATON, René. *La Science Moderne.*

1561, com seus estudos sobre Óptica, Perspectiva, Anatomia e proporções. Em 1500, passou ao serviço de César Borgia, como cartógrafo, dedicando-se à Engenharia, à Arquitetura e à Pintura (*Mona Lisa*). Deixou Florença em 1506, voltando para Milão. Convidado por Francisco I, da França, mudou-se para Amboise, onde trabalhou, até sua morte, como primeiro pintor, engenheiro e arquiteto do Rei.

Além de genial artista, Leonardo foi, apesar da falta de conhecimento da cultura clássica, e não saber grego e latim, um extraordinário cientista. Homem prático, de grande capacidade de trabalho e habilidoso, superou suas deficiências da cultura renascentista com uma curiosidade enciclopédica. Dotado de verdadeiro espírito científico e defensor da Matemática, da observação e da experimentação como elementos metodológicos indispensáveis para o trabalho científico, interessou-se em entender as coisas, pesquisando em múltiplos setores. Não foi Leonardo um completo matemático, pois só se dedicou à Geometria, o que não o impediu de dar um grande e especial valor à Matemática, como atestam suas declarações: "Aqueles que se entregam à prática sem Ciência são como o navegador que embarca em um navio sem leme, nem bússola"; "Sempre a prática deve fundamentar-se na boa teoria"; "Antes de fazer de um caso uma regra geral, experimente-o duas ou três vezes e verifique se as experiências produzem o mesmo resultado"; "Nenhuma investigação humana pode considerar-se verdadeira Ciência se não passa por demonstrações"[413]; "quem não for matemático, de acordo com meus princípios, não deve ler-me" ou "estudais Matemática e não construis sem alicerces"[414]. O mesmo Leonardo, em outra passagem de suas anotações, acrescentaria que o empirismo, a Matemática e a Mecânica dominariam o pensamento científico moderno[415].

Dentre suas várias atividades, destacam-se as de inventor, engenheiro, físico, matemático, arquiteto, urbanista, escultor, desenhista, cartógrafo, pintor, geólogo, geógrafo, mineralogista, botânico, zoólogo, anatomista e músico. Estudou Euclides, Alberti, Piero Della Francesca, e ilustrou a obra *De Divina proportione,* de seu amigo Lucca Paccioli, com quem estudou Geometria. Na Física[416], estudou os efeitos do atrito, e enunciou definições para força,

---

[413] AQUINO, Rubim. *História das Sociedades.*
[414] BURTT, Edwin. *As Bases Metafísicas da Ciência Moderna.*
[415] TARNAS, Richard. *A Epopeia do Pensamento Ocidental.*
[416] CANE, Philip. *Gigantes da Ciência.*

percussão e impulso; estudou as condições de equilíbrio sobre um plano inclinado e enunciou o Teorema do polígono de sustentação da balança; estudou a reflexão e a refração da luz, através do olho; expressou os princípios elementares da continuidade, divulgou estudos básicos sobre escoamento dos fluidos e sugeriu projetos de máquinas hidráulicas; entendeu a impossibilidade do movimento perpétuo e demonstrou ter noção do princípio de inércia; em suas pesquisas sobre Acústica, utilizou-se de moscas para melhor entender o ruído das asas; idealizou uma máquina para testar a resistência dos fios metálicos à tração, desenhou um odômetro para medir a distância, um anemômetro para medir a velocidade do vento e construiu o primeiro relógio movido por meio de pesos e controlado por escapes, a marcar horas e minutos. Como projetista militar, elaborou desenhos de canhões, metralhadoras, pontes móveis, carros de combate, submarino e para-quedas.

Estudou Anatomia com Marcantonio Della Torre, tendo deixado relevantes contribuições neste campo. Dissecou animais e cadáveres humanos (com autorização especial) para melhor entender o funcionamento do corpo humano. Conheceu a estrutura dos ossos, dos músculos, do coração; seus desenhos dos ossos do crânio mostram, pela primeira vez, os seios frontais e maxilares; seus desenhos e descrições do coração são extraordinariamente precisos; desenhou, ainda, com precisão, a dupla curvatura da espinha e a posição do feto dentro do útero da mãe. Na Zoologia, estudou o mecanismo de locomoção dos peixes – o que o ajudaria no desenho aerodinâmico para as embarcações – e estudou a anatomia das aves (ajustamento e flexão das asas, tipos de penas, movimentos da cauda) para entender sua capacidade para voar. Dedicou-se à Botânica, inclusive estudando o heliotropismo positivo e negativo (tendência de algumas plantas a se voltarem para o Sol ou para o lado oposto) e o geotropismo positivo e negativo (tendência da raiz de se aprofundar na terra ou dela se afastar). Leonardo da Vinci foi dos primeiros a dar uma explicação racional dos fósseis[417].

Dois gênios, que elevaram a grandeza do Renascimento científico ao cume e que serviriam de fecho de ouro do período, foram os extraordinários Nicolau Copérnico e André Vesálio, que iniciariam o que se convencionou chamar de Revolução científica nos campos da Astronomia e da Anatomia. O ano de 1543 é, na História da Ciência, um marco da maior relevância, pois

[417] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

coincidentemente é a data da publicação de *De Revolutionibus Orbium Coelestium* e de *De Humani Corporis Fabrica*; a nota triste é que nesse mesmo ano morreu Copérnico. Representam eles, de alguma maneira, o ponto alto do pioneirismo na Ciência, desde a Grécia Antiga, ao aliar a racionalidade e a lógica à quantificação e à matematização, ao complementar a teoria com a experimentação, ao revolucionar a concepção do Cosmos e o conhecimento do corpo humano.

A partir dos novos caminhos abertos na Astronomia (Ciências exatas) e na Anatomia (Biologia), estavam criadas as condições para um mesmo encaminhamento revolucionário nas várias outras ciências, que se desenvolviam e se interagiam. Para tanto, os significativos avanços na Matemática possibilitariam a utilização dessa formidável ferramenta nos estudos e pesquisas científicas. Para muitos autores, a publicação, em 1545, da *Ars Magna*, de Girolamo Cardano, marcaria o início da Matemática moderna, ao consolidar e avançar no conhecimento dos vários ramos da Matemática, como ocorrera, dois anos antes, com a Astronomia e a Anatomia.

Assim, os extraordinários avanços revolucionários na Matemática, Astronomia e Anatomia, frutos de uma nova mentalidade, que permitiu novas metodologias e novos enfoques de acordo com um nascente espírito científico, prosseguiriam no período seguinte, bem como influiriam no desenvolvimento da Física, da Química e da Biologia.

5.2.2.1 Matemática

Como assinalou Paul Benoit, "a ciência grega era Geometria, a sua Física raciocinava, deduzia, mas quase não calculava... podemos discutir por muito tempo acerca do valor do cálculo grego, acerca dos antecedentes possíveis em Diofanto, podemos mostrar que Arquimedes e os mecanicistas de Alexandria utilizavam o cálculo, mas não é menos verdade que o cálculo algébrico só se desenvolveu na Europa cristã a partir do fim da Idade Média e do início dos tempos modernos"[418].

Tal constatação significa dizer que a Matemática, até então restrita, praticamente, à Aritmética e à Geometria, teria seu campo bastante ampliado com o desenvolvimento da Álgebra e da Trigonometria. Uma das maiores conquistas do Renascimento científico seria exatamente esse extraordinário

---

[418] SERRES, Michel (dir). *Elementos para uma História das Ciências* .

desenvolvimento da Matemática, ferramenta essencial para os avanços notáveis na Astronomia e na Física (Mecânica, Óptica). Seu emprego, na área científica, na quantificação dos fenômenos físicos (por essa razão a Astronomia e a Mecânica seriam classificadas como Ciências exatas), defendido por ilustres vultos, como Nicolau de Cusa e Leonardo da Vinci, se firmaria no século XVI, com a Astronomia matemática de Copérnico. Se bem que a Álgebra tenha sido a parte da Matemática que mais se desenvolveu neste Período, a Geometria e a Trigonometria despertaram, também, a atenção dos matemáticos, em particular por suas aplicações na Astronomia. Registre-se, aliás, a íntima relação da Matemática com a Astronomia, sendo que um grande número de astrônomos da época era matemático, como o próprio Copérnico, Rheticus, Fracastoro, Benedetti, Digges, Apenius, Clavius e tantos outros.

A Matemática teórica, conceitual e abstrata, se desenvolveria, igualmente, retomando os ensinamentos da Grécia Antiga e incorporando contribuições dos árabes. Conforme expressou Condorcet, "a língua algébrica generalizada foi aperfeiçoada e simplificada, ou antes, apenas agora ela foi verdadeiramente formada. As primeiras bases da teoria geral das equações são postas; a natureza das soluções que elas dão foi aprofundada, aquelas do terceiro e do quarto grau são resolvidas"[419].

A grande transformação econômica (mercantilismo, economia monetária, técnica bancária e contábil, estrutura empresarial) ocorrida no Renascimento Científico seria a grande responsável pelas características do extraordinário desenvolvimento inicial da Matemática. Motivada por interesses comerciais, financeiros e contábeis, a evolução se deu primeiro no terreno prático, utilitário. Tratava-se de uma Matemática comercial, desenvolvida para satisfazer as exigências prementes das atividades mercantis. O principal interesse estava, assim, no cálculo, especificamente no cálculo algébrico. A Aritmética e a Geometria, cujos níveis de ensino – como disciplinas do *Quadrivium* medieval – eram medíocres e deficientes, se beneficiariam igualmente dessa renovação dos estudos e pesquisas para o desenvolvimento do cálculo. A Matemática ressurgia, assim, como um instrumento ou um fundamento essencial para as atividades econômicas[420].

Reflexo do interesse da classe mercantil e dos meios bancários e financeiros seria a grande disseminação do ensino da Matemática comercial

---

[419] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*

[420] EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

em vários centros educacionais espalhados pela Europa, para onde se dirigiam todos aqueles envolvidos, ou desejosos de se envolver, em atividades comerciais e contábeis. Vários celebrados matemáticos se dedicaram ao ensino da Ciência, como Scipione Del Ferro, Widman, Rudolff, Cardano, Frisius, Clavius e outros. A Itália seria o principal centro de estudos nos séculos XV e XVI, em função de sua posição de liderança comercial, seguida da Alemanha, Holanda, Inglaterra e França. É perfeitamente compreensível, portanto, que a esmagadora maioria dos renomados matemáticos dessa época fosse italiana e alemã.

Outra consequência seria a publicação de manuais e guias, no vernáculo, para uso dos comerciantes. O primeiro manual destinado aos comerciantes foi a *Aritmética de Trevise*, publicada em 1478, de autor desconhecido, com explicações sobre as quatro operações, a prova dos nove e a regra de três[421]. Matemáticos do calibre de Pacioli, Chuquet, Borghi, Widman, Recorde e Ries, por exemplo, escreveram livros didáticos de uma Matemática básica e elementar para um público ávido de seu conhecimento. Esses manuais eram, na realidade, elaborados praticamente com a mesma estrutura, e continham, em geral, capítulos sobre numeração (algarismos arábicos), as quatro operações aritméticas, provas dos sete e dos nove, frações, regra de três, extração de raízes quadrada e cúbica, pesos e medidas, falsa posição simples e dupla; ao final, era apresentada uma série de problemas, com suas soluções, de interesse comercial, como os de moeda, juros e preços, além de um capítulo dedicado à Geometria aplicada. A obra *Summa de Arithmetica, Geometria, proportioni et proportionalitá*, de Luca Paccioli, terminada em 1487 e publicada em 1494, merece uma menção especial. Volume de 600 páginas, contém um curso completo de Matemática comercial, verdadeira enciclopédia do conhecimento matemático da época; trata de Aritmética, teórica e prática, de Álgebra (448 páginas) e de Geometria (152 páginas).

Nada menos que 214 títulos de livros de Matemática foram publicados de 1472 a 1500, para satisfazer à demanda de casas bancárias, mercadores, escritórios, administradores públicos, astrólogos e estudiosos[422]. O alemão Reisch e os ingleses Tunstall e Digges devem ser lembrados como autores importantes na divulgação da Aritmética e da Geometria práticas.

---

421 TATON, René . *La Science Moderne – 1450 à 1800.*
422 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

A Matemática teórica, conceitual e abstrata se desenvolveria, igualmente, retomando os ensinamentos da Grécia Antiga e incorporando contribuições dos árabes, graças à tradução dos mais qualificados matemáticos.

A divulgação de obras em latim para um público acadêmico e universitário continuaria a se expandir durante o Renascimento científico, em condições bem melhores, de qualidade e preço, que na Idade Média, graças à tipografia, que permitiu a substituição do manuscrito de folhas de pergaminho pelo livro de folhas de papel. Foi, assim, facilitado o acesso às obras tanto da Antiguidade grega (Escola de Pitágoras, Platão, Aristóteles, Apolônio, Euclides, Arquimedes, Diofanto) e da cultura árabe (al-Khwarizmi, al-Battani, al-Tusi) quanto de autores da primeira fase do Renascimento científico, como Bradwardine (*Arithmetica*, publicada em 1495), Jordanus Nemorarius (*Arithmetica*, em 1496 e 1503 e *Geometria Speculativa* em 1496), Oresme (*De Latitudine formarum*, em 1482 e 1486) e Sacrobosco (*Algorisme e Sphaera*, em 1472)[423]. Obras de Chuquet, Leonardo de Pisa e Piero Della Francesca, por exemplo, não foram, contudo, publicadas nessa época. Registre-se a importância, para o desenvolvimento da Matemática na Europa, da tradução e publicação, por Frederico Commandino (1509-1575), dos geômetras gregos (Apolônio, Arquimedes, Aristarco, Euclides, Pappus e Ptolomeu, entre outros).

O crescente interesse pela Matemática despertaria um senso de competição e de rivalidade, que resultaria, em várias oportunidades, em disputas e debates públicos, envolvendo vultosas apostas que eram depositadas em cartório. Tais prélios chamavam a atenção de grande público, o que tornava os contendores muito conhecidos e respeitados. A mais famosa disputa desse gênero foi realizada em 1535, entre Nicolau Tartaglia e Antonio Del Fiore, que submetera ao primeiro vários problemas de equação cúbica de autoria de Scipione Del Ferro. Em duas horas, Tartaglia resolveu as trinta questões que lhe foram apresentadas, ao passo que Fiore não soube dar solução aos problemas que lhe foram propostos por Tartaglia. A descoberta teve enorme repercussão, ao ponto que Girolamo Cardano, que escrevia, então, sua *Ars Magna*, desejou incorporar tal feito em seu trabalho. Tartaglia, interessado em manter segredo de sua fórmula algébrica para resolver a equação de 3° grau, comunicou-a em verso, e de forma enigmática. Cardano, com a ajuda de Ludovico Ferrari, conseguiu generalizar as regras de Tartaglia,

---

423 TATON, René. *La Science Moderne* .

como ainda resolver a equação de 4° grau, incorporando-as na *Magna*[424] (1545), obra que, para muitos, marca o início da Matemática moderna. A rivalidade entre os algebristas continuaria, e em agosto de 1548 haveria nova disputa pública, desta vez entre Tartaglia e Ferrari, o que traria fama ao jovem Ferrari.

Muitos matemáticos deixaram seus nomes para a posteridade por suas diversas e importantes contribuições para o progresso da Ciência matemática; a Itália seria o grande celeiro. Scipione Del Ferro, Tartaglia, Cardano, Ferrari, Bombelli, Viète e Stevin despontam como os mais significativos, os mais criativos, os mais versáteis e os mais empreendedores do Período.

5.2.2.1.1 Aritmética - Álgebra

Como a Aritmética e a Álgebra têm o mesmo objeto de estudo (o número), os mesmos conceitos fundamentais (as operações, a igualdade, a prevalência, etc.) e o mesmo método (o dedutivo), não se justifica, hoje em dia, a análise em separado dessa parte da Matemática. A Aritmética estuda as propriedades e a teoria dos números, e, em particular, os problemas dos sistemas de numeração, as operações elementares, a divisibilidade numérica, os números primos e compostos, alguns aspectos da teoria da medida e os métodos de cálculo e computação numérica; como base matemática, foi a primeira a surgir e a se desenvolver. A organização de um sistema racional de numeração foi uma das maiores conquistas do gênio humano, pois introduziu extraordinária simplificação nos métodos operacionais. A Álgebra surgiria muito depois, milhares de anos depois da Aritmética, evoluindo de maneira bastante lenta, desde os tempos do Egito Antigo, passando pela Mesopotâmia, China, Índia e Grécia, até alcançar progresso mais significativo com os árabes. A Álgebra trata dos processos racionais de solução de equações numéricas, operando com números e com símbolos que representam entidades ou elementos não especificados. O problema da Álgebra é, assim, encontrar solução para as equações obtidas pela associação dos símbolos, empregando apenas métodos racionais.

Ambas, a Aritmética e a Álgebra, teriam um notável desenvolvimento no Renascimento científico, inicialmente na Itália, para depois serem igualmente cultivadas em outras partes da Europa, como a Alemanha, a França, a

---

[424] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

Inglaterra, Flandres e outros países. Esta fase de desenvolvimento perdurou do início do século XV, com Luca Paccioli e Scipione Del Ferro, até os primeiros decênios do século XVII, com Viète e Stevin.

Apesar do progresso extraordinário no estudo da Álgebra, convém notar a incapacidade dos algebristas de chegar à noção abstrata de operação algébrica e de adotá-la como centro de suas reflexões. Mas, conforme expressou Condorcet, "a língua algébrica generalizada foi aperfeiçoada e simplificada, ou, antes, apenas agora ela foi verdadeiramente formada. As primeiras bases da teoria geral das equações são postas; a natureza das soluções que elas dão foi aprofundada; aquelas do terceiro e do quarto grau são resolvidas"[425].

A utilização dos símbolos representou um importante passo à frente. Entretanto, "a operação e o objeto (coisa) sobre o qual se opera formam uma unidade indissolúvel. *Res*, *radix*, *census* designam incógnita, raiz, quadrado, mas a raiz não é concebida como a raiz da "coisa", ainda que seja extraída, nem o quadrado como o quadrado da coisa"[426]; ou seja, os algebristas eram incapazes de raciocinar sobre a operação (aritmética ou geométrica) independentemente do objeto sobre o qual operava. Em consequência, a Álgebra, no Renascimento científico, não formularia, mas criaria regras e ofereceria exemplos; o aritmético e o algebrista renascentistas seguiam a regra geral, mas trabalhavam sobre casos concretos, sem criar uma fórmula geral. Evidência dessa fraqueza é a falta de um símbolo (o atual x) para representar a incógnita.

O frade franciscano italiano Luca Paccioli (1445-1517) ensinou Matemática nas universidades de Perugia, Zara (na Croácia), Roma, Nápoles e Pisa. Escreveu um primeiro livro sobre Aritmética em 1470, e mais dois, logo em seguida, mas só o primeiro não se perdeu. Sua mais célebre obra foi a *Summa de Arithmetica*, *Geometria, proportioni et proportionalitá*, publicada em 1494, que, apesar da falta de originalidade e confessada reprodução de antigos matemáticos (Euclides, Arquimedes, Leonardo de Pisa, Bradwardine, Alberto da Saxônia, Sacrobosco, Nemorarius), gozou de grande popularidade no século XVI, sendo estudada, inclusive, pelos matemáticos. A *Summa* era uma volumosa enciclopédia de 600 páginas (Aritmética e Álgebra com 448 páginas, e Geometria com 152) que abarcava o

[425] CONDORCET. *Esboço de um Quadro Histórico dos Progressos do Espírito Humano.*
[426] TATON, René. *La Science Moderne.*

conhecimento da época. A parte aritmética da *Summa* começa com algoritmos para as operações fundamentais e para a extração da raiz quadrada; a aritmética comercial era abordada, inclusive a escrituração mercantil. A Álgebra da *Summa*, sincopada com o uso de abreviações (*p* para adição, *m* para subtração, *co* de coisa para incógnita, *ae* para igualdade), chega até a equação quadrática[427].

Do francês Nicolau Chuquet (1445-1488) pouco se conhece de sua biografia. Em 1484 escreveu, mas só publicada no século XIX, a *Ciência dos números em três partes* (*Triparty en la Science des Nombres*), que continha o germe dos logaritmos (ao comparar os termos das séries aritméticas e geométricas) e tratava de equações e suas incógnitas, sendo, assim, pioneiro, em francês, sobre Álgebra. A primeira parte do trabalho se ocupa do cálculo com números racionais; a segunda, com números irracionais, e a terceira aborda a teoria das equações. Sua influência foi praticamente nula na evolução da Aritmética e da Álgebra, pois sua obra ficou praticamente desconhecida de seus contemporâneos.

Johannes Widman (1462-1498), nascido em Eger, na Boêmia, estudou e ensinou Aritmética e Álgebra na Universidade de Leipzig, tendo sido o primeiro professor de Álgebra na Alemanha (1486). Em seu livro sobre Aritmética (1489) apareceram, pela primeira vez, os sinais + (mais) e – (menos).

O primeiro grande matemático desse Período foi Scipione Del Ferro (1465-1526), de Bolonha, onde ensinou Matemática de 1496 até sua morte. Muito conceituado por seus contemporâneos, não deixou nenhuma obra, o que prejudicou o conhecimento exato de suas atividades. Sabe-se, contudo, que em 1515 resolveu o espinhoso problema das equações cúbicas ou de terceiro grau (em que aparecem x^3), desde que não contivessem o termo x^2, mas revelou o segredo apenas a seu discípulo, Antonio Fior, que se tornaria conhecido por sua disputa com Tartaglia sobre as equações cúbicas.

Cuthbert Tunstall (1474-1559), bispo de Londres (1522), e, depois, de Durham (1530), escreveu o primeiro livro impresso de Aritmética (1522) em inglês *De arte supputandi libri quattuor* (*A Arte da computação*), baseado na *Summa,* de Paccioli. O livro não tem originalidade, nem muito valor matemático, mas teve grande divulgação no País e no estrangeiro.

O interesse pela Aritmética, em geral, e pelos números, em particular, nesse Período do Renascimento científico, fica patenteado com as pesquisas

[427] EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

realizadas com o intuito de compreender, em toda sua extensão, a natureza e as propriedades dos números, no melhor estilo da Escola de Pitágoras. Em 1536, Hudalrichus Regius encontrou o sexto número perfeito, o primeiro desde a Antiguidade grega. Os números perfeitos (iguais à soma de seus divisores) até então conhecidos eram o 6 (1+2+3), o 10 (1+2+3+4), o 28 (1+2+4+7+14), o 8.128 e o 2.096.128. O número descoberto por Regius é o 33.550.336; o sétimo número perfeito seria encontrado ainda neste Período, em 1555, por J. Scheybl: 8.589.869.056.

O alemão Michael Stifel (1487-1567) ingressou no monastério agostiniano de Esslinger, mas, pouco depois, decepcionado com o comportamento da Cúria Romana, abandonou o Catolicismo, e, amigo de Lutero, abraçou o Protestantismo. Foi professor de Matemática na Universidade de Iena. Em sua *Arithmetica integra* (1544) estudou as progressões aritmética e geométrica, as operações com números fracionários, os números racionais e irracionais, e Álgebra; adotou os sinais + (mais), - (menos) e o V para raiz quadrada, já adotado por Rudolff. Stifel foi, ainda, pioneiro ao introduzir as letras (não as atuais x, y, z) para designar as incógnitas, e as repetia quando se tratava de potências[428]. Nessa obra surgiu o conceito de logaritmo, como os termos de uma progressão aritmética de razão igual a (1), aos quais chamou de números, correspondentes aos termos de uma progressão geométrica de razão igual a (2). Assim, a soma, subtração multiplicação e divisão dos termos da progressão aritmética correspondem à multiplicação, divisão, potencialização e radiciação nos termos da série geométrica[429]. Escreveu, ainda, uma *Deutsche arithmetica* (1545) e reeditou a *Coss,* de Rudolff. Stifel é considerado, ao lado de Johann Werner, um dos mais brilhantes matemáticos alemães do século XVI.

O alemão Adam Ries (1492-1559) foi um especialista em Aritmética, vivendo praticamente da venda de seus livros. Seu livro mais famoso é o *Rechenung nach der lenge, auff den Linihen und Feder* (1550), no qual trata das quatro operações, inclusive a subtração, muito pouco usual naquela época. Esta obra de Ries é considerada por muitos autores como a melhor Aritmética prática do século XVI. Escreveu, em 1525, um livro de Álgebra *Die Coss*, no qual mencionou a Álgebra de al-Khwarizmi.

---

[428] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[429] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

O beneditino Francisco Maurolico (1494-1575) viveu quase toda sua vida na Sicília, traduziu muitos autores clássicos (Teodosius, Menelau, Autolicus, Euclides, Apolônio, Arquimedes) e se interessou pela Matemática, Óptica, Mecânica e Astronomia. Publicou, em 1575, a *Arithmeticorum libri*, onde emprega sistematicamente letras, em lugar de números, e onde aparecem os primeiros exemplos do modo de raciocínio chamado de indução matemática ou de provas indutivas.

O alemão Christoff Rudolff (1499-1545) nasceu na Silésia, em Jauer, hoje pertencente à Polônia, e morreu em Viena, Áustria, onde estudou Matemática e onde viveu a maior parte de sua vida. Seu livro de Álgebra *Coss*, escrito em 1525, foi o primeiro livro de Álgebra em alemão. Foi o primeiro a usar o V para raiz quadrada, e VV para raiz cúbica e VVV para raiz do 4° grau. Tinha noção de x°=1.

O veneziano Nicolau Fontana Tartaglia (1499-1557), de origem humilde, como autodidata aprendeu Matemática, e ganhava sua vida, inicialmente, dando aulas em Verona e Veneza. Adquiriu reputação como matemático ao participar, com sucesso, de um grande número de debates e disputas matemáticas, muito comuns naquela época, na Itália. Em 1535, descobriu Tartaglia a fórmula para resolver os dois tipos de equação cúbica, o que lhe deu a vitória no célebre debate com Fior. Tartaglia manteria, ainda, uma polêmica com Cardano, e participaria, para perder, de uma disputa pública com Ferrari. Em 1546, publicou *Novos Problemas e Invenções*, no qual dá sua versão sobre sua controvérsia com Cardano a respeito da solução da equação de 3° grau. Tartaglia escreveu, ainda, um livro de Aritmética elementar (*Trattato di numeri et misure*, 1556-1560) e um(*Nova Scientia*, 1537) sobreMatemática aplicada à artilharia, e publicou obras de Euclides e de Arquimedes.

Girolamo Cardano (1501-1576) foi médico, astrólogo, matemático, filósofo, físico e professor de Matemática em Pádua, e de Medicina em Bolonha e Milão. Como médico, fez a primeira descrição da febre tifoide e do método de tratamento da sífilis; como físico, fez experiências para determinar a densidade do ar, com o intuito de provar que o ar tinha peso; demonstrou a impossibilidade do movimento perpétuo e fez observações sobre a resistência do meio na velocidade dos projéteis; como filósofo e cientista, escreveu *De subtilitate rerum* (*Sobre a Sutileza das Coisas*) acerca da Física de Aristóteles. Deve-se a ele a invenção do anel de suspensão, que leva seu nome.

Cardano é o autor da famosa e importante *Ars Magna sive de regulis algebraicis líber unus* ou simplesmente *Ars Magna*, a primeira grande obra de Álgebra do Ocidente[430]. Nesta obra, Cardano publicou as soluções das equações de 3° grau, que ele atribuiu, corretamente, a Scipione Del Ferro e a Nicolau Tartaglia, e a de 4° grau a Ludovico Ferrari, reconheceu a validade dos números negativos, introduziu os números imaginários, deu origem à teoria das equações algébricas (números ordinários multiplicados pela quantidade imaginária, a raiz quadrada de –1), revolucionando, assim, o estudo da Matemática, pelo que muitos autores a consideram o marco ou início da Matemática moderna. Cardano não utilizou símbolos em seus trabalhos algébricos. Em sua obra póstuma, *Líber de ludo aleae* (*Livro sobre os jogos de azar*), apresentou as primeiras computações sistemáticas das probabilidades, um século antes de Pascal e Fermat. Cardano escreveu, ainda, *Practica arithmetica* (1539)[431].

Robert Recorde (1510-1558), nascido em Gales, e educado em Oxford e Cambridge, teve um papel importante no desenvolvimento da Matemática na Inglaterra, inclusive como chefe da Escola inglesa de Matemática, e foi o introdutor da Álgebra no País. Escreveu sobre Aritmética no *The Grounde of Artes* (1540), no qual discutiu numeral arábico e computação, proporção, regra de três e frações. No seu livro *The Whetstone of Witte*, publicado em 1555, Recorde inventou o símbolo de igualdade (=), o que o fez famoso. Escreveu, ainda, sobre Geometria e Astronomia. Foi médico de Eduardo VI e da Rainha Mary.

O francês Pierre de la Ramée, ou Ramus (1515-1572, morto no Massacre de São Bartolomeu), humanista e filósofo, esforçou-se intensamente pela divulgação da Matemática e escreveu uma *Arithmetica* (1555) que teve várias edições e foi até traduzida para o inglês.

Ludovico Ferrari (1522-1565), de Bolonha, foi aluno de Cardano e o substituiu como conferencista público de Matemática em Milão. Em 1540, descobriu a fórmula para resolver a equação de 4º grau, que viria a ser divulgada na *Ars Magna*, de Cardano. Sustentou célebre disputa pública, em Milão, em 10 de agosto de 1548, com Tartaglia, saindo vencedor desse embate matemático. No final de sua vida, aceitou ser professor na Universidade de Bolonha. Ferrari, ao lado de Scipione Del Ferro, Tartaglia,

430 TATON, René . *La Science Moderne.*
431 BOYER, Carl. *História da Matemática.*

Cardano e Bombelli, formou o quinteto dos mais importantes algebristas italianos do século XVI, responsável pelo extraordinário progresso da Álgebra no Renascimento científico.

Rafael Bombelli (1526-1572), nascido em Bolonha, como Ferrari, mas de família de poucos recursos, não teve condições de obter educação universitária. Iniciou sua vida de adulto como engenheiro, trabalhando em diversos serviços de dragagem em várias partes do País, quando adquiriu notoriedade, mas seu real interesse era pela Matemática. Em 1572, foram publicados os três primeiros volumes de *L'Algebra Parte Maggiore dell' Arithmetica*, anunciando Bombelli que os volumes IV e V, sobre Geometria, seriam publicados tão logo terminados[432]. A morte repentina do autor impediu o conhecimento dos volumes anunciados, cujos manuscritos (encontrados em 1929) seriam, finalmente, publicados. Com Bombelli, a Álgebra atingiu seu ponto mais alto. Bombelli foi o primeiro matemático que teve a audácia de aceitar a existência dos números imaginários e de trazer, assim, alguma luz sobre o enigma das equações do 3° grau. O primeiro livro de Álgebra trata do cálculo das potências e das raízes; o segundo livro, da teoria completa das equações dos quatro primeiros graus; e o terceiro livro contém um ensaio de tratamento geométrico dos problemas algébricos.

François Viète (1540-1603) estudou Direito na Universidade de Poitier, mas desde cedo, demonstrara interesse pela Matemática e pela Astronomia; em 1571, publicou um primeiro trabalho de Matemática. Apesar de não ser um protestante ativo, com a matança de São Bartolomeu (23 de agosto de 1572) Viète temeu pela sua segurança. Foi surpreendido com sua nomeação para um cargo administrativo na Bretanha, onde permaneceu até 1580. Nomeado adido ao Parlamento em Paris, seria destituído em 1594, por sua fé huguenote. Retirou-se para Beauvoir-sur-Mer, onde, durante anos, se dedicou ao estudo da Matemática. Convocado por Henrique IV, por suas reconhecidas habilidades matemáticas, colaborou com o Exército na decifração das mensagens de Felipe II da Espanha, em guerra com a França. Com a conversão de Henrique IV em 1593, Viète, igualmente, seguiu a decisão do Rei e tornou-se católico; trabalhou, até 1602, para o serviço do Rei. Além de obras sobre Astronomia, Geometria e Trigonometria, Viète notabilizou-se por sua extraordinária contribuição à Álgebra.

---

432 BOYER, Carl. *História da Matemática.*

Em 1591, foi publicada, em Tours, sua *In artem analyticam isagoge* (*Introdução à Arte Analítica*), onde são estudadas, separadamente, a logística numerosa (Aritmética) e a Logística especiosa (Álgebra). Para Viète, "a maneira de penetrar na ciência nova é uma arte especial que consiste em não mais exercer a lógica sobre os números, mas uma logística em que as coisas são figuradas por sinais: logística muito mais hábil e mais poderosa"[433]. Demonstrou o valor dos símbolos, introduzindo letras para representar quantidades conhecidas (consoantes) e desconhecidas (vogais). Usou símbolos para as quantidades em álgebra e para as operações realizadas com elas. Em *De aequationum recognitione et emendatione* (publicada postumamente, em 1615) apresentou métodos para resolver equações de segundo, terceiro e quarto graus. Escreveu, ainda, Viète o *De numerosa potestatum resolutione* (1600), no qual apresentou um processo sistemático de aproximações sucessivas de uma raiz de uma equação[434].

Simon Stevin (1548-1620) nasceu em Bruges (Bélgica), sendo considerado o último grande algebrista do final do século XVI. Em 1585, publicou uma coletânea *Arithmetique de Simon Stevin de Bruges,* dividida em duas partes: a primeira, um grande tratado de Aritmética e Álgebra, e a segunda, uma paráfrase dos quatro primeiros livros de Diofanto, e ainda uma coleção de ensaios *A Prática da Aritmética* e um comentário sobre a teoria das grandezas incomensuráveis, segundo o livro X de Euclides.

Em *A Prática da Aritmética*, conhecida também como *A Décima* (*De Thiende*), Stevin trata das frações decimais, sua mais importante contribuição à Matemática. Se bem que tenham sido estudadas anteriormente (Regiomontanus, Rudolff, Viète), Stevin foi o primeiro a substituir as frações comuns pelas frações decimais, que rapidamente seriam adotadas; ou seja, deve-se a ele a introdução de sistema decimal de notações fracionárias. Sua notação para a escrita dos números decimais fracionários resultou, posteriormente, no uso da vírgula. Stevin declarou, inclusive, que era uma questão de tempo para que o sistema decimal fosse empregado nas medidas, nas moedas e nos pesos. Posteriormente, em 1594, Stevin publicaria um curto *Appendice algebraïque*. Stevin, que escreveu em flamengo, foi um ardoroso defensor da utilização do vernáculo, e não do latim, nas obras científicas. Além da Matemática, o

---

433 HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*
434 EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*

engenheiro Stevin trabalhou no campo da Física, principalmente na Estática e na Hidrostática.

Pietro Cataldi (1548-1626) escreveu cerca de 30 livros sobre Matemática, especialmente sobre Aritmética (*Practica Aritmetica* - em quatro partes, entre 1606 e 1617), números perfeitos, Álgebra e Geometria. No *Trattato del modo brevissimo di trovar la radice quadra delli numeri* (1613), Cataldi empregou frações contínuas.

5.2.2.1.2 Geometria - Trigonometria

A Geometria (estudo das propriedades relativas a pontos, retas, planos e superfícies) teve sua primeira época de ouro na antiga Grécia, com Apolônio, Euclides e Arquimedes. Com seus cinco axiomas e cinco postulados, Euclides, seguindo a Lógica aristotélica, demonstrou 465 teoremas. Após esse período, a Geometria passou por um longo tempo de estagnação, limitando-se os matemáticos a repetir os axiomas e os postulados da Geometria euclidiana. A retomada dos estudos se daria no primeiro Renascimento europeu, com a colaboração da Arte, pois os pintores verificaram que os ensinamentos de Euclides não eram suficientes para as representações que faziam nos quadros do que viam ou imaginavam da Natureza. Leon Battista Alberti (1404-1472) seria o primeiro teórico da Perspectiva com sua obra (*Sobre a Pintura*), de 1435, ao analisar a *Trindade*, de Masaccio. A partir daí, vários autores (Brunelleschi, Uccello, Piero Della Francesca, Leonardo da Vinci e Albrecht Dürer) se dedicaram ao estudo da Perspectiva, alargando o campo da pesquisa geométrica.

A Geometria/Trigonometria teve um grande desenvolvimento principalmente na chamada Escola alemã. O astrônomo austríaco Georg Peurbach (1423-1461), além de sua obra intitulada *Algorithmus*, notabilizou-se com a publicação póstuma do *Tratactus de Sinnibus et Chordis*, um dos primeiros trabalhos de Trigonometria, no qual explicava o modo de calcular senos e cordas de ângulos (cuja tabela, em anexo, não seria publicada). Defensor da utilização dos algarismos arábicos, Peurbach os usou em sua tabela de senos.

Seu aluno, Johann Müller (1436-1476), conhecido como Regiomontanus, é considerado em dos pioneiros da Trigonometria na Europa. Encarregou-se de publicar o *Tratado de Peurbach*, com uma tabela de senos por ele preparada e mais outra tabela adicional na qual fornecia os senos de pequenas

frações de ângulos (minutos de arco). A publicação dessas tabelas e de outras serviu para promover o uso de métodos trigonométricos de grande significado para o progresso da Astronomia, seu principal campo de aplicação[435]. Regiomontanus escreveu, em 1464, o importante *Cinco Livros sobre Triângulos de todos os Tipos*, considerado a primeira exposição moderna da Trigonometria plana (dois livros) e esférica, num tratamento independente da Astronomia; no trabalho foi usado método aplicável para todas as classes de problemas sobre triângulos e utilizada técnica algébrica para simplificar suas soluções. Regiomontanus escreveu ainda uma *Introdução aos Elementos de Euclides*, além de ter traduzido Euclides, Apolônio, Arquimedes e Herão[436].

O primeiro grande estudioso italiano da Geometria teórica, no Renascimento científico, foi o frade franciscano Luca Paccioli, que, em 1494, publicou o famoso *Summa de Arithmetica, Geometria, proportioni et proportionalitá*, no qual utiliza a Álgebra para a resolução de problemas geométricos, e, em 1497, o primeiro volume do *De Divina proportione*, especificamente sobre Geometria, com ilustrações dos sólidos regulares desenhados por Leonardo da Vinci durante o tempo em que recebeu aulas de Matemática de Pacioli. Publicou, ainda, com anotações, a obra de Euclides. Apesar de não ser um autor original, tendo reconhecido, inclusive, ter tomado de empréstimo material de alguns antecessores, como Sacrobosco, Nemorarius e Fibonacci, sua obra teve muita influência na época.

Leonardo da Vinci, apesar de não possuir cultura teórica, e não ter demonstrado interesse pela Álgebra, foi um defensor da utilização da Matemática nos estudos e nas pesquisas científicas. No dizer de Taton, sua mais bela descoberta científica foi a do centro de gravidade de qualquer pirâmide, que "se encontra sobre seu eixo, a um quarto de distância, a partir da base". Leonardo estudou, ainda, a questão da transformação de um sólido em outro, sem perda ou aumento de matéria (inspirado em Nicolau de Cusa – *De Transmutationibus geometricis*), como a de um cubo em uma pirâmide. Não tendo deixado nenhuma obra escrita, Leonardo, contudo, iniciou um livro – nunca terminado – *De Ludo Geometrico* sobre as lúnulas (qualquer objeto em forma de meia-lua), no qual estabeleceu, pela primeira vez, na Europa, que a soma das lúnulas construídas sobre os três lados de um triângulo retângulo qualquer é igual à área do triângulo em questão.

---

[435] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[436] Garbi, Gilberto G. *A Rainha das Ciências.*

O primeiro estudo original sobre as secções cônicas, no Ocidente, foi o do bispo alemão Johann Werner (1468-1528), que, além de astrônomo, geógrafo e cartógrafo, interessou-se pela Trigonometria esférica. Em seu trabalho sobre as cônicas, *Libellus super vigintiduobus elementis chordis*, Werner estudou a hipérbole e a parábola, mas não fez referência à elipse. Escreveu, ainda, *Comentários sobre a Duplicação do Cubo*, problema que despertara interesse desde os tempos gregos, e um *Tratado de Trigonometria*, com base nos trabalhos de Regiomontanus.

O pintor e gravurista alemão, Albrecht Dürer (1471-1528), considerado um dos melhores representantes do Renascimento, foi um cultivador e grande divulgador da Matemática, inclusive para sua utilização na Arte; ocupa, por essa razão, um lugar especial nas histórias da Arte e da Ciência. Brilhante pintor e excelente gravurista, colaborou Dürer com esplêndidos desenhos para a ilustração[437] de livros de Zoologia e Botânica (são famosos seus desenhos de gramados), fruto da observação direta ou de esboços enviados por amigos. Consciente da contribuição que a Ciência poderia dar à Arte, estudou Euclides, Vitruvio, Alberti, Pacioli e outros. Escreveu três livros: um sobre fortificações, um sobre proporções e um terceiro sobre medições. O *Tratado de Proporções*, que versa sobre Perspectiva, é considerado, por muitos, como um estudo que uniu a Arte à Ciência, e como antecedente da Geometria Descritiva, que adquiriria sólida base matemática somente com Gaspard Monge, no final do século XVIII. A obra *Instruções sobre Medições com Régua e Compasso*, escrita para se entender a matemática de seu livro de Perspectiva, foi o primeiro livro de Matemática impresso (1525) em alemão (excetuado um manual de Matemática básica para construtores). *Instruções* não é um livro técnico de Geometria, destinado a arquitetos, construtores, técnicos, pintores e artesãos interessados em desenhos geométricos; trata-se de uma obra de cunho científico, procurando apoiar a Arte na Matemática, pois apresenta regras e preceitos sempre acompanhados de demonstrações. A obra consta de quatro livros: o primeiro trata de curvas; o segundo, de métodos para a construção de polígonos regulares; o terceiro, de pirâmides, cilindros e corpos sólidos; e o quarto, dos cinco sólidos platônicos e dos sólidos semirregulares de Arquimedes. Foi, na realidade, a primeira obra de Ciência aplicada dirigida a técnicos. As *Instruções* seriam, posteriormente, vertidas

[437] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

para o latim, e, por seu valor, o livro ocupa "um lugar muito honroso na literatura geométrica do século XVI"[438].

Contemporâneo de Dürer foram o francês Jacques Lefèvre d'Étaples (1455-1536), conhecido filósofo, teólogo e humanista, que, muito interessado na Matemática, patrocinou a publicação de Boécio (1503), Nemorarius (1496), Sacrobosco (1499), Nicolau de Cusa (1514) e Euclides. Seu discípulo, o filósofo e teólogo Charles de Bouilles (1470-1553), escreveu, em latim, uma *Introdução à Geometria* (1503) e um manual de Geometria prática (1511). Efetuou, ainda, Bouilles, estudos sobre polígonos regulares e estrelados, e a ele é atribuída a descoberta do cicloide. Oronce Finé (1494-1555), astrônomo, cartógrafo e primeiro titular da cadeira de Matemática (1541) do Colégio Real da França, patrocinou a publicação dos *Elementos,* de Euclides, e a reedição do *Margarita Philosophica*, de Gregorius Reisch, e escreveu o *De Rebus Mathematicis* (1556) sobre Aritmética e Geometria. Dedicou-se, sem sucesso, ao estudo da quadratura do círculo (*De Quadratura Circuli,* 1544), bem como do outro antigo problema da duplicação do cubo.

O alemão Michael Stifel, matemático de excepcional valor e de grande contribuição nas áreas da Aritmética e Álgebra, dedicou-se, igualmente, à Geometria, tendo tentado, como tantos outros, resolver, sem sucesso, o problema da quadratura do círculo. Petrus Apianus (1495-1552), também conhecido como Peter Apian e Peter Bennewitz, cujo principal interesse era a Astronomia e a Cosmologia, dedicou-se, igualmente, à Matemática e Cartografia. Em seu livro *Instrumentum sinnum sive primi* (1534) apresentou, aplicada à Astronomia, navegação e Arquitetura, a primeira tabela de seno, calculada para cada minuto do arco. Escreveu também sobre Aritmética.

Nicolau Tartaglia, famoso algebrista, notabilizou-se, igualmente, no campo da Geometria, como pioneiro no cálculo do volume de um tetraedro, empregando os comprimentos de seus lados, e descobriu método de inscrição de círculos em um triângulo[439].

O holandês Regnier Gemma Frisius (1508-1555) aplicou seus conhecimentos matemáticos, particularmente de Trigonometria, à Cartografia, à Geografia e à Astronomia. Colaborou com Mercator e escreveu vários textos sobre Astronomia.

---

438 TATON, René. *La Science Moderne* .
439 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

Jacques Peletier (1517-1582), que editou e comentou os seis primeiros livros de Euclides, e Pierre Forcadel (? – 1574), professor de Matemática no Colégio Real, que publicou, em francês, os nove primeiros livros dos *Elementos*, bem como obras de Arquimedes, Proclus, Finé e Frisius, não deram contribuição expressiva à Geometria teórica, mas são autores conhecidos como seus divulgadores na França renascentista.

Na Inglaterra, John Dee (1527-1608), que propôs reforma do Calendário e também foi astrólogo de Elizabeth I, editou Euclides em inglês, acrescentando célebre prefácio no qual justificava o estudo da Matemática; Thomas Digges (1546-1595) escreveu *Pantometria* (1591) sobre sólidos platônicos e Arquimedes, e o já citado Robert Recorde (1510-1558), o *The Pathewaie to Knowledge*, em 1551[440].

O italiano Giovanni Benedetti (1530-1590), além de seu interesse pela Mecânica e Óptica, escreveu um tratado sobre Perspectiva, intitulado *De Resolutione* (1553) e um trabalho sobre *Elementos*, de Euclides.

O alemão Christoph Clavius (1537-1612), que teve um papel importante na criação do Calendário Gregoriano, foi autor da *Opera Mathematica* (1612), em cinco volumes, de excelente tradução comentada dos *Elementos* e de manuais de Aritmética, de Geometria, de Álgebra e de Astronomia, que, por sua qualidade pedagógica, foram adotados pelo Colégio dos Jesuítas. Clavius, na opinião de Taton, foi o mestre dos matemáticos da Europa católica.

François Viète (1540-1603), famoso matemático francês, por seus trabalhos pioneiros em Álgebra, publicou, em 1579, o excelente *Canon mathematicus seu ad triangula*, tabela de funções trigonométricas, completadas por uma parte teórica, na qual apresentou os teoremas em quadros e insistia sobre a superioridade da divisão decimal sobre a sexagesimal. Viète calculou o valor de *pi* (p) com 19 decimais exatos. Em Trigonometria esférica, Viète estabeleceu as fórmulas chamadas analogias de Napier e utilizou o triângulo polar[441]. Demonstrou, também, como as várias relações trigonométricas – seno, cosseno, tangente etc – podiam ser reduzidas a um mesmo termo, como fizera com as potências (*cubus, quadratus* etc.). Escreveu, ainda, em 1593, o *Supplementum geometriae*.

Pietro Antonio Cataldi (1548-1626), professor de Matemática em Perugia e Bolonha, escreveu cerca de trinta livros de matemática, sendo

---

440 EVES, Howard. *Introdução à História da Matemática.*
441 TATON, René. *La Science Moderne 1450 à 1800.*

Transformatione geométrica (1611) sua principal obra nesse campo. Publicou os *Elementos*, e, com base no quinto postulado (paralelas), procurou provar que o postulado era consequência de outros em *Operetta delle linee rette equidistanti et non equidistanti*. Tentou, sem sucesso, criar uma academia de Matemática em Bolonha.

Simão Stevin (1548-1620), que trabalhou em mecânica, é reputado, por alguns autores, como o último grande matemático do Renascimento científico, tendo dado grandes contribuições nas áreas da Aritmética, Álgebra, frações e cálculo. No campo da Geometria teórica, escreveu *Problematum geometricarum...* (1583), onde se encontram importantes estudos sobre os poliedros regulares e semirregulares inscritos em uma esfera.

Philip van Lansberge (1561-1632), de Flandres, teólogo, praticou a Medicina. Em Astronomia, foi um grande defensor da teoria copernicana, tendo escrito vários livros para sustentar o heliocentrismo. Em 1591, escreveu um trabalho de Matemática, em quatro volumes: o primeiro, sobre funções trigonométricas, o segundo, sobre tabelas de senos, tangentes e secantes; o terceiro, sobre Geometria; e o quarto, sobre Trigonometria esférica.

O dinamarquês Thomas Fincke (1561-1656) estudou e praticou a Medicina e foi professor de Matemática em Copenhague. Escreveu *Geometriae rotundi* (1583), onde introduziu os termos tangente e secante, e a Lei das tangentes.

Dois astrônomos merecem ser citados como matemáticos, em especial no campo da Trigonometria, de excepcional valor: Nicolau Copérnico, que publicou, em 1542, a *De lateribus et angulis triangulorum,* com seções da Trigonometria, utilizada no *De Revolutionibus*, e Georg Joachim Rheticus, que construiu duas tábuas trigonométricas.

5.2.2.2 Astronomia - Cosmologia

A Astronomia ocupou um lugar central no processo evolutivo do Renascimento científico, tanto pelas modificações substanciais no modelo milenar cosmológico quanto por sua influência no desenvolvimento da Matemática e por seus efeitos no reexame da Dinâmica aristotélica. Pioneira na observação sistemática e na matematização, a Astronomia, por motivos religiosos e de navegação, serviria, assim, de mola propulsora dos avanços nas Ciências exatas, e uma das principais atividades científicas responsáveis

pela efervescência intelectual da época[442]. A Metafísica estaria no centro das formulações teóricas e conceituais da Cosmologia quinhentista (e seiscentista), utilizando-se, até mesmo, da Matemática, em reforço de suas teses.

Deve-se registrar, desde o início, ter sido generalizada a prática da Astrologia, com a divulgação de almanaques a todas as classes sociais da população. Fenômenos físicos, como eclipses, passagem de cometas e conjunções planetárias constavam desses almanaques, ao lado de predições meteorológicas, de catástrofes naturais, de horóscopos, etc. Apesar de críticas e proibições, da parte de autoridades eclesiásticas e de alguns intelectuais, o astrólogo permaneceria um personagem prestigiado, inclusive nos altos círculos governamentais, nesse período.

Durante a Idade Média, a teoria astronômica dominante era a geocêntrica, com fundamento bíblico. A passagem do milagre de Josué ter parado o Sol em Jericó consubstanciava a teoria dos autores bíblicos e "dos Padres primitivos de que a Terra se encontra no centro do Universo, tal como acreditavam também os filósofos e os matemáticos pagãos"[443]. A obra de Ptolomeu era, nessa época, praticamente desconhecida; a Astronomia se limitava a algumas observações para fins de fixação de datas religiosas e calendário. Todas as explicações cosmológicas se encontravam nas Sagradas Escrituras: a Terra imóvel, com o Sol e os planetas a circundá-la, era tão aceita como a criação do Mundo em seis dias e o aparecimento do arco-íris (desconhecido no Mundo antediluviano) como um sinal do fim do dilúvio. O primeiro livro importante de Astronomia foi o *Tractatus de Sphaera* (1250), de Sacrobosco, que, em seu quarto capítulo, apresentou um resumo explicativo da teoria de Ptolomeu sobre planetas e eclipses.

O *Almagesto*, conhecido e comentado pelos árabes, entraria na Europa no século XII, em tradução grega a partir do árabe, o que significava um aporte de modelo matemático pagão à Cosmologia cristã. Nicole d'Oresme, no século XIII, já apresentaria objeções a aspectos do modelo ptolomaico, inclusive defendendo o movimento de rotação da Terra. A teoria astronômica predominante era, contudo, a das esferas homocêntricas, de Eudoxo[444], com a Terra, igualmente, fixa no centro do Universo. Como informou Rupert Hall, na citada obra, uma versão latina medieval do *Almagesto*, a partir do árabe,

---

[442] PANNEHOEK, Anton. *A History of Astronomy.*
[443] RUPERT HALL, A. *A Revolução na Ciência 1500-1750.*
[444] HORTA BARBOSA, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

foi publicada, em 1515, em Veneza, e uma a partir de manuscrito grego, feita em 1415, por Trebizonda, foi publicada também em Veneza, apenas em 1528, e reeditada na Basileia, em 1538. O *Epítome do Almagesto*, obra conjunta de Peurbach e Regiomontanus, publicada em 1496, seria, por sua alta qualidade, um livro responsável pela divulgação e prestígio do modelo de Ptolomeu. Ao mesmo tempo, Peurbach, com sua *Theoricae Novae Planetarum* (1454, mas publicada em 1474) visava a substituir as sínteses medievais por um modelo que contemplava um sistema de círculos e de esferas sólidas, com a Terra imóvel no centro.

De todos esses modelos que antecederam o de Copérnico, o mais relevante foi o de Ptolomeu, porque serviu de base e orientação a todos os demais. A dogmatização, pelo tomismo, do geocentrismo daria ao modelo ptolomaico uma situação de prestígio e de aceitação generalizada. Portanto, a compreensão desse modelo é conveniente como introdução ao exame do sistema heliocêntrico de Nicolau Copérnico. Aliás, o sistema não é, rigorosamente, heliocêntrico, já que o Sol não está rigorosamente no centro de todas as órbitas, mas um pouco deslocado do centro (como também nos sistemas de Kepler e de Newton)[445]; trata-se, na realidade, de um modelo heliostático.

O sistema de Ptolomeu mostrou-se, contudo, complexo e impreciso; complexo pela necessidade de introduzir noções (deferentes, epiciclos, ponto equante), de forma a sustentar o movimento circular uniforme dos planetas, e impreciso pelas discrepâncias entre a posição prevista e a posição observada dos astros. Por essa falha, tabelas astronômicas eram atualizadas, com vistas a corrigir os erros acumulados durante séculos. Para os astrônomos, a observação parecia desmentir a teoria, o que os forçava a reverem os arranjos de deferentes e epiciclos. Diante de tão confuso e complexo quadro, Afonso de Castela mandou preparar o que seriam as famosas Tabelas Afonsinas (século XIII), as quais seriam, ao longo dos séculos, melhoradas e atualizadas.

Nenhum progresso significativo, no campo da Astronomia, ocorreu, na Primeira Fase do Renascimento científico, apesar de ter havido interesse pela observação da abóbada celeste e pela correção das posições dos astros. O modelo ptolomaico era aceito sem discussão, tanto pela incorporação das ideias dos grandes cientistas, pensadores e filósofos gregos (Pitágoras, Platão, Eudoxo, Aristóteles, Apolônio, Hiparco) quanto por sua dogmatização pela doutrina tomista.

---

[445] RUPERT HALL, A. *A Revolução na Ciência 1500-1750.*

A situação começaria a se modificar a partir de meados do século XV, com os avanços na Matemática (Geometria e Trigonometria), a divulgação da Filosofia neoplatônica e a insatisfação pelo modelo ptolomaico, por sua complexidade. O melhor conhecimento da Terra, com as descobertas marítimas e a circunavegação, e da abóbada celeste com a observação das estrelas do hemisfério sul, despertaria maior interesse pela Astronomia, alimentando dúvidas sobre a validade do modelo.

O sistema apresentado por Nicolau Copérnico, em 1543, no De *Revolutionibus Orbium Coelestium* representou uma ruptura, uma verdadeira revolução, tanto na compreensão do Universo quanto em suas implicações, ao deslocar a Terra (geocentrismo) do centro do sistema, como nos diversos modelos anteriores, colocando em seu lugar o Sol (heliocentrismo). Para a História da Ciência, em geral, e da Astronomia, em particular, a obra de Copérnico, conhecida também como a Revolução copernicana, marca, definitivamente, um dos pontos altos do Renascimento científico e início de uma nova era no campo desta Ciência.

Além de criar uma nova Astronomia, a obra de Copérnico iria subverter a Física. A Cosmologia de Ptolomeu se apoiava na Física de Aristóteles, que com ela formava um todo, globalmente coerente. A Cosmologia copernicana, incompatível com a Física aristotélica, requeria, para sua validade, uma nova Física. O dilema que se apresentava ao mundo científico era, assim, o de aceitar a nova Cosmologia, por motivos astronômicos, e criar uma nova Física, ou conservar a Física grega e recusar o heliocentrismo. A Copérnico coube a glória de ter provocado tal situação de desafio aberto ao sistema monolítico aristotélico-ptolomaico, e, com isto, ter forçado um reexame da Física tradicional: Galileu determinaria as leis da queda dos corpos pesados; Kepler lançaria as leis empíricas dos movimentos celestes; Huygens esclareceria a força centrífuga; e Newton, finalmente, descobriria a gravitação universal e criaria a Mecânica celeste.

Para efeitos expositivos, a evolução da Astronomia, durante essa Segunda Fase do Renascimento científico, pode ser apresentada em três fases: a pré-Copérnico, o Sistema copernicano e a pós-Copérnico, da divulgação do modelo heliocêntrico e da reação ao novo sistema, inclusive por Tycho Brahe; um adendo sobre a reforma do Calendário Juliano deve ser acrescentado, por se tratar de um tema estreitamente vinculado à Astronomia.

5.2.2.2.1 Primeira fase - Pré-Copérnico

Nicolau de Cusa ocupa lugar de relevo nessa primeira fase. Alto dignitário da Igreja (cardeal), defendeu Cusa teorias e expôs concepções que contrariavam dogmas de Roma e conceitos da Bíblia. Em sua famosa obra *De Docta Ignorantia* (1440), bem como em outros escritos (*De Venatione Sapientiae*-1463, *De Ludo Globi*) argumentou que o Universo era ilimitado; não havia pontos fixos no espaço; a Terra girava; o centro só poderia ser ocupado por Deus; não ocorria o movimento circular uniforme; e haveria outros mundos habitados[446]. As ideias de Nicolau de Cusa não tiveram muita divulgação, em sua época, mas influenciariam Leonardo da Vinci, que rejeitara a doutrina oficial do geocentrismo e defendia ser a Lua formada pelos mesmos elementos (terra, água, ar e fogo) que a Terra, tese igualmente contrária à oficial, que sustentava que todos os corpos celestes eram constituídos exclusivamente de éter. Ainda na Itália, Girolamo Fracastoro (1478-1553), mais conhecido por seus trabalhos pioneiros em Medicina, sobretudo em sífilis, escreveu *Homocentrico*, publicado em 1538, no qual apresentou um sistema sem excêntricos e sem epiciclos, mas unicamente com movimentos circulares planetários em torno de um mesmo centro (esferas homocêntricas); o total de esferas era de 77, como explica Koyré[447]. Por essa mesma época, Giovanni Battista Amici (1502-1538) publicou, em 1536, um folheto intitulado *De motibus corporum coelestium iuxta principia peripatetica sine excentricis et epyciclis,* com um sistema cosmológico bastante parecido com o de Fracastoro. Outro italiano, Célio Calcagnini (1479-1541), que escreveu *Quod coelum stet, terra moveatur* (publicada apenas em 1544), sustentava, com argumentos filosóficos e teológicos, a rotação da Terra, pois esta é o lugar da imperfeição e, por conseguinte, das mudanças, enquanto o Céu, por sua perfeição, deveria ser imóvel (a natureza divina implicava em imutabilidade e imobilidade).

Pioneiro no exercício de regular e sistemática observação da abóbada celeste, rompendo a tradição medieval, foi Bernard Walther (1430-1504), dos mais importantes astrônomos alemães da época, que realizara uma série de observações (cerca de 1500), de 1471 a 1504, trabalhos que seriam publicados em 1544.

---

446 TATON, René. *La Science Moderne.*
447 TATON, René. *La Science Moderne.*

Dois matemáticos/astrônomos se sobressaíram nesta fase, sem apresentarem, contudo, contribuição no terreno conceitual e teórico. O austríaco Georg Peurbach (1423-1461), professor de Astronomia na Universidade de Viena e conferencista na Alemanha, França e Itália, em *Tabulae Eclipsium* apresentou tabelas de cálculo de eclipses, registrou (com Regiomontanus) o eclipse lunar de 3 de setembro de 1457, fez observações sobre o cometa Halley, em junho de 1456. Iniciou um trabalho, *Epítome*, sobre o *Almagesto*, que seria terminado por Regiomontanus. Em *Theoricae Novae Planetarium* (*Novas Teorias Planetárias*), que seria muito popular e de ampla divulgação, Peurbach foi didático, com o propósito de substituir a *Sphaera* de Sacrobosco no ensino da Astronomia, até então a obra mais divulgada de Astronomia. Adepto do modelo ptolomaico, Peurbach acrescentou, contudo, dois novos pontos: a trepidação nos diversos movimentos das esferas celestes e a substituição dos círculos puramente matemáticos pelas órbitas sólidas cristalinas. Este modelo astronômico não teria muita divulgação entre os matemáticos/astrônomos da época.

O alemão Johann Müller, conhecido como Regiomontanus (1436-1476), divulgador da Trigonometria na Europa, colaborou estreitamente com Peurbach e terminou o *Epítome do Almagesto* (1463, mas publicado em 1496); antes da queda de Constantinopla, um manuscrito, em grego, do *Almagesto* fora levado a Viena pelo cardeal Bressarion para ser traduzido por Regiomontanus, que conhecia bastante bem o idioma grego. Esta obra, considerada a melhor em Astronomia ptolomaica, serviria como principal referência a Copérnico desse modelo astronômico. Fez Regiomontanus, ainda, observações sobre a passagem de um cometa, em 1472, e publicou, em 1474, *Ephemerides*, conjunto de tabelas de navegação mostrando a posição diária dos corpos celestes de 1475 a 1500.

5.2.2.2.2 Segunda fase - O Sistema Copernicano

Nicolau Copérnico nasceu no dia 19 de fevereiro de 1473, na pequena cidade de Torun, na Prússia polonesa, à margem do Vístula, onde seu pai era um comerciante de sucesso. Sua mãe, de família aristocrática, ficaria viúva, em 1483, passando Nicolau à tutela de seu tio Lucas Waczenrode, futuro bispo de Warmie, que tinha planos de ingressar o sobrinho na carreira eclesiástica. Aos 18 anos, depois de concluir sua educação básica, ingressou Copérnico na prestigiosa Universidade de Cracóvia, que gozava de boa

reputação no ensino de estudos científicos; dentre seus professores, constava Alberto de Brudzewo, astrônomo e matemático de renome, autor de *Comentários* sobre a *Theoricae novae planetarum,* de Peurbach. Permaneceria algum tempo junto de seu tio, que iniciou gestões políticas para a concessão do canonicato (grau de cônego) de Frauenburg, partindo, em seguida (1496), para a Itália, onde estudaria Medicina, Direito, Astronomia, Arte e grego na Universidade de Bolonha; nesse ambiente de estudos, teria confirmado seu interesse pela Astronomia, e se tornaria assistente do astrônomo Domenico Maria de Novara (1454-1504), famoso por apoiar a ideia da precessão dos equinócios (lento movimento do eixo de rotação da Terra)[448]. Em 9 de março de 1497, Copérnico fez sua primeira observação astronômica: a ocultação da estrela Aldebarã pela Lua. Eleito cônego de Frauenburg, cargo que seu tio aceitara, em seu nome, Copérnico continuaria, no entanto, por mais algum tempo, na Itália, indo em 1500 a Roma para pronunciar algumas conferências sobre Astronomia. Retornou, em 1501, à Polônia para assumir o canonicato, mas, logo em seguida, obteve licença para retornar às suas atividades culturais na Itália. Entrou para a Universidade de Pádua, onde, durante quatro anos, estudou leis, Teologia e formou-se em Direito canônico. Tendo completado sua formação intelectual, Copérnico regressou, definitivamente, à Polônia, em 1504, servindo a seu tio em Cracóvia até 1512, quando faleceu o bispo.

Seu prestígio como matemático e astrônomo ia além das fronteiras da Polônia, tanto que, em 1514, foi convidado para opinar sobre uma reforma do Calendário proposta ao V Concílio de Latrão; por julgar que as posições do Sol ainda não podiam ser estabelecidas com precisão, recusou o convite. Recebeu, também, uma incumbência das autoridades polonesas de planejar uma reforma monetária que acabasse com a profusão de cunhagem de moedas em cada cidade importante do País. Desincumbiu-se da missão com o preparo de um pequeno opúsculo *Tractatus de Monetis*, no qual sugeriu (e foi aceita) a equalização das moedas polonesa e prussiana. Copérnico também exerceu, por anos, a Medicina, em Cracóvia e Frauenburg. Apesar de todas essas atividades, seu grande interesse era a Astronomia, tanto mais que, como outros astrônomos da época, encontrava erros e imprecisões no modelo cosmológico de Ptolomeu.

Em 1510, Copérnico concluiu a construção de seu observatório, cujos precários instrumentos foram construídos por ele mesmo; entre 1510 e

[448] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*

1514, escreveu *De hypothesibus motuum coelestium a se constitutis commentariolus*, ou, simplesmente, *Commentariolus* (*Pequeno Comentário*), breve e esquemática obra de seis páginas (somente publicada em 1878)[449], cujo texto foi distribuído a um pequeno e seleto círculo, capaz de entender o conteúdo. Sem cálculos, nem diagramas que reforçassem sua tese, o autor se comprometeu a apresentar, oportunamente, um circunstanciado trabalho sobre o assunto, com apoio de cálculos matemáticos.

Nessa pequena obra Copérnico postulava que o Sol era o centro da órbita de todos os planetas, e, portanto, do Universo; que a Lua girava em torno da Terra; que esta girava em torno de seu eixo; e que a Terra e demais planetas giravam em torno do Sol em órbitas circulares. Com esta proposta, a Cosmologia aristotélico-ptolomaica (Mundo sublunar e celeste) era contestada. Esta posição revolucionária é atribuída à explicação, do próprio Copérnico, de que o ponto equante não era satisfatório, pois violava a regra platônica da velocidade circular uniforme para todos os corpos celestes. No entendimento de Copérnico, o modelo de Ptolomeu "não só não tem bom desempenho, mas também não está de acordo com a Razão", pelo que "comecei a ponderar se talvez não fosse possível encontrar um arranjo de círculos... no qual todos os corpos celestes girariam em torno de um centro comum com velocidades uniformes, conforme é determinado pela regra do movimento absoluto"[450]. Tendo colocado Mercúrio perto do Sol, seguido por Vênus, Terra, Marte, Júpiter e Saturno, todos cercados pela esfera de estrelas fixas, Copérnico explicou que "esse arranjo seguia a mesma ordem que as velocidades de Revolução orbital das esferas celestes... de modo que Saturno completa uma Revolução em 30 anos, Júpiter em 12, Marte em 2 e a Terra em 1 ano. Vênus completa sua Revolução em 9 meses e Mercúrio em 3 meses" (citado por Gleiser), ou seja, quanto mais longe do Sol, o planeta leva mais tempo para completar sua Revolução. Apesar de seu esforço pela simplicidade e harmonia, Copérnico teve de recorrer a epiciclos e até a epicicletas (sua invenção), pequenos epiciclos presos a epiciclos maiores, para estar conforme com os dados astronômicos da época. No final de seu texto, o autor explicou que "34 círculos são suficientes para explicar a estrutura completa do Universo e o balé dos

[449] TATON, René. *La Science Moderne.*
[450] Gleiser, Marcelo. *A Dança do Universo.*

planetas" (citado por Gleiser), em contraste com o modelo do *Almagesto*, que requeria 80 círculos.

Esse pequeno documento apareceu mais tarde em Roma, e serviria para Johann Widman explicar ao Papa Clemente VII, em 1533, os princípios da Astronomia copernicana. Apesar de a Igreja não haver apresentado, então, nenhuma objeção ou crítica à teoria, Copérnico, ainda que instado por amigos a tornar públicas suas ideias, preferiu, por temor a escândalos e a reações hostis de teólogos, não publicar seu trabalho.

Como prometido no *Pequeno Comentário*, Copérnico começou a trabalhar na parte matemática de sua teoria e a fazer observações da abóbada celeste; entre 1497 e 1529 publicou 27 observações realizadas. Se bem que sua obra estivesse basicamente terminada no final dos anos 30 do século XVI, o *De Revolutionibus Orbium Coelestium libri sex* só viria a público em maio de 1543, poucos dias antes da morte de Copérnico. O Livro I contém uma explicação geral do sistema do Mundo, acompanhado de um tratado de Trigonometria; o Livro II trata da Astronomia esférica, com seu catálogo de estrelas, no qual recalcula os elementos fundamentais dos movimentos (duração do ano, precessão dos equinócios, etc.); o Livro III aborda o exame do movimento aparente do Sol; o Livro IV cuida do movimento da Lua e da teoria dos eclipses; o Livro V se refere aos movimentos em latitude dos planetas; e o Livro VI estuda os movimentos em longitude dos planetas.

A exposição de seu sistema, no Livro I, é auto-explicativa: no capítulo 1 sustentava que os astros eram esféricos; nos capítulos 2 e 3, que a Terra era, igualmente, esférica; no capítulo 4, que o movimento dos astros era circular; no capítulo 5, que o movimento da Terra seria, também, circular; no capítulo 6 declarava que a modéstia das dimensões da Terra em face do Universo destruía a demonstração da posição central da Terra; nos capítulos 7 e 8 apresentou argumentos contra a teoria dos movimentos natural e violento de Aristóteles; e no capítulo 9 argumentava que, como Aristóteles afirmara que se a Terra tivesse um movimento ela poderia ter vários, e como o movimento de rotação lhe fora atribuída em capítulos anteriores, era preciso, portanto, admitir, em conclusão, que a Terra estava animada por três movimentos (diurno, anual e em declinação)[451].

Na dedicatória ao Papa Paulo III, espécie de introdução à obra, Copérnico explicou as razões que o levaram a elaborar uma nova teoria dos

[451] VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*

movimentos planetários, a saber, o desacordo entre as Matemáticas, a variedade e a multiplicidade dos sistemas astronômicos, e a incapacidade de todos esses sistemas de representarem, com exatidão, os movimentos aparentes, e de ser fiel ao princípio do movimento circular uniforme dos corpos celestes. Com seu modelo, Copérnico argumentava que descobrira "uma harmonia no movimento e dimensão das órbitas dos corpos celestes que não poderia ter sido encontrada de nenhuma outra forma". Como esclareceu Gleiser, Copérnico era um pitagórico, buscando, avidamente, a ordem geométrica correta do Cosmos, ou seja, a mais harmoniosa.

O autor mencionou, ainda, ter estudado os filósofos e os astrônomos que trataram de Cosmologia, e declarou que alguns (Hicetas, Heráclides do Ponto, Ecfantus) acreditavam no movimento da Terra[452]. Curiosamente, a teoria heliocêntrica de Aristarco não foi mencionada, se bem que era do conhecimento de Copérnico, através de Arquimedes e Plutarco. Apesar do aparente absurdo, estudou essa hipótese, chegando à conclusão de que ela oferecia uma excelente explicação dos fenômenos celestes, e levava a um Universo bem ordenado. Sua conclusão dos diversos sistemas era que os matemáticos tinham errado, ao colocar a Terra no centro do Mundo e dos movimentos celestes. Esclareceu Copérnico: "... não nos envergonhamos em sustentar que tudo que está abaixo da Lua, inclusive a própria Terra, descreve, entre os outros planetas, uma grande órbita ao redor do Sol, que é o centro do Mundo, e que aquilo que nos parece ser um movimento do Sol é, na realidade, um movimento da Terra, e que a dimensão do Mundo é tão grande que a distância da Terra ao Sol, conquanto apreciável em comparação com as órbitas dos outros planetas, é como um Nada, quando se compara com a esfera das fixas. E sustento que é mais fácil admitir o que acabo de afirmar do que deixar o espírito perturbado por uma quantidade quase infinita de círculos, coisa que são forçados aqueles que retêm a Terra fixa no centro do Mundo"[453]. Copérnico esclareceu, ainda, o que encontrara de equívoco no sistema de Ptolomeu: a incapacidade de permanecer fiel ao princípio fundamental da uniformidade do movimento circular dos corpos celestes, e a falsidade da invenção dos equantes, equívocos que criavam uma imagem irracional do Universo.

Um sistema geoheliocêntrico, no qual Mercúrio e Vênus girariam em torno do Sol, que, por sua vez, giraria, além de Marte, Júpiter e Saturno, em

---

[452] RUPERT HALL, A. *A Revolução na Ciência 1500-1750.*
[453] Horta Barbosa, Luiz Hildebrando. *História da Ciência.*

volta da Terra, foi contemplado por Copérnico, mas abandonado, por causa da desvantagem de não poder ser formulado com esferas sólidas, porque as esferas teriam de passar umas através das outras; ou, em outras palavras, o modelo só funcionaria com círculos, e não com esferas sólidas.

Na formulação de seu modelo matemático para o Universo conhecido, isto é, o Sistema Solar, Copérnico foi guiado por considerações metafísicas (fonte da luz ao centro) ou de harmonia, simplicidade e bom ordenamento (pequena dimensão relativa do planeta), conforme declarou em diversas passagens de sua obra[454]. Suas importantes e revolucionárias inovações seriam o heliocentrismo e os movimentos de translação e de rotação da Terra, porém manteria, pelas razões antes indicadas, as órbitas sólidas e circulares e o movimento absoluto dos astros, presentes nos diversos modelos, desde Eudoxo.

A fama de Copérnico, como matemático e astrônomo, defensor de um modelo cosmológico alternativo ao geocêntrico, aguçou a curiosidade do alemão Georg Joachim Rheticus (1514-1574), professor de Matemática da Universidade de Wittenberg, que, em 1539, foi a Frauenburg inteirar-se das ideias e estudos do cônego polonês. Apesar de protestante, foi bem recebido, permaneceria cerca de dois anos ao lado de Copérnico e se tornaria seu único discípulo. Após alguns meses em Frauenburg, escreveu Rheticus a *Narratio prima*, que, em forma de carta a Johann Schöner, foi publicada em Dantzig, em 1540, e, devido ao sucesso, reeditada na Basileia, em 1541. Nesse trabalho, Rheticus explicava e defendia as ideias heliocêntricas de Copérnico.

Instado por seus amigos Giese e Rheticus, somente em 1542 Copérnico autorizaria a publicação do *De Revolutionibus Orbium Coelestium*. O manuscrito foi entregue a Petreius, editor em Nüremberg, mas não pôde Rheticus, nomeado professor em Leipzig, permanecer aí para supervisionar a impressão da obra, deixando-a, então, aos cuidados de Andreas Oslander, teólogo luterano, que já mantivera correspondência sobre Astronomia com Copérnico; em abril de 1541, por exemplo, enviara carta na qual argumentou que "essas hipóteses não são artigos de Fé, mas bases computacionais, de modo que se elas são falsas não é um problema, contanto que elas representem exatamente os fenômenos..." (citado por Gleiser). Sem pedir autorização ao autor, Oslander acrescentou um prefácio anônimo ao livro, no qual sustentava

---

454 Koyré, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico.*

que todos os modelos propostos no texto eram meras hipóteses “que não precisam ser verdadeiras ou mesmo passíveis de demonstração”, ou seja, não um retrato do Mundo, mas um cálculo coerente com as observações. Paralisado por um derrame, em dezembro de 1542, não teve Copérnico consciência dessa traição. De acordo com seu amigo Tiedemann Giese, ele só teve a obra em suas mãos no mesmo dia de sua morte: 24 de maio de 1543.

A obra de Copérnico é de extrema importância para a História da Ciência, uma vez que marca o início de um processo de constituição de uma nova Astronomia, ao mesmo tempo que, por seu impacto sobre antigas concepções do Mundo, contribuiria, decisivamente, para a evolução da mentalidade, ao menos no meio intelectual. A alternativa que representava o novo modelo para a compreensão do sistema planetário abalaria a concepção prevalecente de interpretar os fenômenos naturais e abriria o caminho para a revisão de conceitos e noções nas diversas áreas da atividade intelectual, o que permitiria, no futuro, avanço nas pesquisas e nos estudos dos fenômenos naturais de acordo com o espírito científico.

5.2.2.2.2.3 Terceira fase - Pós-Copérnico - Reação

A obra de Copérnico teve uma razoável repercussão no meio intelectual, tanto que, em 1566, saiu uma segunda edição do *De Revolutionibus* (acompanhado da *Narratio Prima*, de Rheticus). A adoção das ideias e da visão cosmológica de Copérnico encontraria, inicialmente, resistências, e, mesmo, oposição da parte de astrônomos, religiosos e intelectuais. Mesmo aqueles que defendiam o heliocentrismo, como Galileu, ensinavam em suas aulas o modelo de Ptolomeu. Para os estudantes e para a maioria dos leitores, a principal dificuldade para a compreensão do modelo copernicano não era a Matemática envolvida, mas a necessidade de uma abstração tal que permitisse entender uma teoria que parecia contrariar o senso comum. Esta dificuldade, perfeitamente compreensível, seria superada apenas com o passar do tempo, mas já no século XVII.

Como explicou Tarnas, os princípios mais fundamentais do Cristianismo estavam sendo impugnados pela inovação astronômica, o que era inadmissível. Se a Terra se movimentasse, ela já não poderia ser o centro fixo da Criação divina, e o Homem não poderia ser mais o eixo central do Universo. A absoluta singularidade e significação da intervenção de Cristo na história humana

pareciam exigir correspondente singularidade e significado da Terra. A dicotomia essencial entre o reino celestial e o terrestre, a grandiosa estrutura cosmológica de Céu, Inferno e Purgatório, as esferas planetárias circundantes, o drama moral da vida humana centrada no eixo entre o Céu espiritual e a Terra corpórea, tudo isto seria questionado ou destruído pela nova teoria[455]. A nova teoria subvertia, assim, a hierarquia medieval dos lugares, onde a posição central era a mais indigna, conforme a versão bíblica da Queda do Homem, em contraposição à perfeição do mais alto da esfera celeste, logo seguida do paraíso, enquanto logo abaixo da superfície da Terra estava o inferno[456].

A oposição protestante foi enérgica e imediata. Lutero, para quem a Bíblia era a única fonte absoluta da verdade, antes mesmo da publicação do *De Revolutionibus*, já criticava a obra e o autor: "o louco vai virar toda a Ciência da Astronomia de cabeça para baixo, mas como declara o Livro sagrado, foi o Sol e não a Terra que Josué mandou parar", "astrólogo vigarista". Melanchton, que tentara impedir a publicação da obra, depois escreveu um pequeno livro de Física, no qual censurava a teoria. Calvino, em 1556, por ocasião de um sermão admoestou seus seguidores: "... não sejamos iguais a esses fantasiosos que têm espírito amargo e de contradição, que acham defeitos em tudo, e tudo fazem para perverter a ordem da Natureza. Desses, veremos alguns tão frenéticos, não só em matéria de religião, mas que mostram em toda parte que têm uma natureza monstruosa, que dirão que o Sol não se move, que é a Terra que se movimenta e gira. Quando vemos tais espíritos, é bem necessário afirmar que o diabo os possui e que Deus os apresenta como espelhos para nos fazer persistir em seu temor"[457]. Eruditos protestantes, como Peucer (1551) e Teodorico (1564), apresentaram argumentos científicos (Física), bem como Tycho Brahe, contra o heliocentrismo.

A Igreja Católica, em um primeiro momento, não se opôs à teoria, interpretando-a como mero exercício matemático. Altos dignitários, como o bispo Tiedemann Giese e o cardeal Nicolau Schönberg, incentivaram, desde o início, o trabalho de Copérnico, inclusive se esforçaram para convencer o autor a publicar sua obra. Havia, contudo, forte oposição de setores da Igreja

---

455 TARNAS, Richard. *A Epopeia do Mundo Ocidental.*

456 *WOORTMANN*, Klaas. *Religião e Ciência no Renascimento.*

457 VERDET, Jean-Pierre. *Uma História da Astronomia.*

à teoria copernicana. Em 1546, o dominicano Giovanni Maria Tolosani, em seu *De veritate Sacrae Scripturae* (inédito até 1975), atacou fortemente a obra de Copérnico, acusando-a do defeito essencial de violar o princípio fundamental e irrenunciável da subordinação de uma Ciência inferior a uma superior; a Teologia, como a primeira das Ciências, oferecia ao cosmólogo uma descrição da estrutura física do Universo que nenhuma Ciência podia modificar. Para Tolosani, Copérnico, habilidoso na Ciência Matemática e astronômica, era deficiente nas Ciências físicas e dialéticas, e era incompetente nas Escrituras Sagradas[458]. Outro dominicano, Tommaso Caccini, em sermão de 20 de dezembro de 1614, declarou "tola e absurda em filosofia e formalmente herética" a teoria copernicana, conforme cita o já mencionado Rossi. A reação da Igreja de Roma só começaria a partir do Concílio de Trento (1545-1563), quando foram adotadas medidas para impedir a propagação da Reforma protestante. No intuito de demonstrar zelo na defesa da Fé e dos princípios e dogmas da Igreja, ideias e obras consideradas perigosas passariam a ser perseguidas e proibidas, dado que a curiosidade científica foi equiparada ao pecado original, no dizer do já citado Pierre Rousseau. Assim, por exemplo, Giordano Bruno seria queimado em praça pública, em 1600, e o *De Revolutionibus* entraria no *Index* dos livros proibidos no início do século XVII (1616).

Se muitos foram os detratores e opositores do heliocentrismo, como Tycho Brahe (1546-1601), Petrus Ramus (1515-1572), John Dee (1527-1608), Christoph Clavius (1537-1612), nenhuma obra copernicana, com exceção da *Narratio Prima*, de Rheticus, foi publicada no século XVI, talvez por medo da reação teológica. Registre-se, contudo, o pronunciamento do teólogo espanhol Diego de Zuniga, em seu livro *Comentários do livro de Jó* (1584), no qual procurou demonstrar que a Bíblia não contradizia "as concepções dos pitagóricos de nossos dias renovadas por Copérnico"[459]. Vários matemáticos e astrônomos do século XVI foram favoráveis, contudo, à teoria copernicana, como Erasmus Reinhold, Christoph Rothmann (final do século XVI), Michael Mästlin (1550-1631), Jacques Peletier, Christian Wursteisen (1544-1588), Gemma Frisius, Robert Recorde, Giambattista Benedetti, Thomas Digges, William Gilbert, Giordano Bruno, Simão Stevin e Johannes Kepler.

[458] ROSSI, Paolo. *Nascimento da Ciência Moderna na Europa.*
[459] TATON, René. *La Science Moderne.*

Ainda que o acontecimento mais relevante do período, no campo da Cosmologia/Astronomia, tenha sido a elaboração e a divulgação do sistema heliocêntrico de Nicolau Copérnico, no *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, alguns matemáticos, físicos e astrônomos contribuíram, através de observação e estudos, para um melhor entendimento do Cosmos. Os mais conhecidos e reputados dessa fase pós-Copérnico são Georg Rheticus, Erasmus Reinhold, Benedetti, Christoph Clavius, William Gilbert, Thomas Digges, Tycho Brahe e Giordano Bruno.

Georg Joachim Rheticus (1514-1574), nascido na Áustria, depois de estudar m sua cidade natal, Feldkirch, e Zurique, ingressou na Universidade de Wittenberg, onde se formou em 1536. Nesse mesmo ano, graças ao apoio e influência do teólogo reformista Melanchton, que reorganizava o sistema educacional alemão, obteve Rheticus a cátedra de Matemática e de Astronomia na mesma Universidade de Wittenberg. Com o propósito de aperfeiçoar seus conhecimentos astronômicos, viajou, em 1538, a Nüremberg, onde visitou Johann Schöner, que estava publicando obras científicas, inclusive Regiomontanus, e o impressor Petreius; esteve, igualmente, em Ingolstadt, com Peter Apianus; em Tübingen, com Joachim Camerarius; e em Feldkirch, com Achilles Gasser. Rheticus se dirigiu, então, a Frauenburg, onde, por cerca de dois anos, trabalhou, e se fez amigo e discípulo de Copérnico. Em 1540, foi publicado *Narratio prima* (*Primeira Versão*), obra importante, porque Rheticus explicou, de forma resumida, o modelo astronômico de Copérnico. Após convencê-lo de publicar sua obra, Rheticus, em 1542, levou o manuscrito do *De Revolutionibus Orbium Coelestium* a Nüremberg para publicação, mas teve de sair da cidade (outubro de 1542) para assumir cátedra de Matemática em Leipzig, deixando tal encargo a Oslander. Visitaria Rheticus, na Itália, Girolamo Cardano, e estudaria Medicina em Zurique e Praga. Em 1550 e 1551, publicou um calendário e efemérides. Trabalhou intensamente, e durante muitos anos, em Trigonometria, preparando sua obra *Opus Palatinum de triangulis*, a qual só seria publicada em 1596. Acusado de homossexual, e condenado a 101 anos de exílio, Rheticus mudou-se para Cracóvia, em 1554, onde, por 20 anos, exerceu a Medicina.

O holandês Regnier Gemma Frisius (1508-1555) estudou Matemática e Medicina na Universidade de Louvain, onde foi, igualmente, professor. Frisius exerceu a Medicina em Louvain e aplicou seus conhecimentos de Matemática em Geografia, Astronomia e Cartografia, tendo tido como aluno Gerardus

Mercator, com quem colaborou. Em 1530, escreveu *De Principiis Astronomiae Cosmographicae*, cujo capítulo 19 descreve, pela primeira vez, como a longitude de um lugar pode ser achada usando-se um relógio para determinar a diferença entre os tempos local e absoluto. Em 1534, escreveu Frisius o *Tractatus de Annulo Astronomicae*, com aplicação de métodos trigonométricos na solução de problemas de Astronomia, como o de detectar, corretamente, que os cometas desenvolvem um movimento próprio contra um fundo de estrelas. Interessou-se pela construção de instrumentos astronômicos, como atesta seu *De Radio Astronômico* (1545). No *De Astrolabio* (publicado em 1556) descreveu um novo astrolábio que havia inventado. Em suas observações astronômicas registrou cometas, em julho de 1533, janeiro de 1538 e abril de 1539.

O alemão Erasmus Reinhold (1511-1553) foi dos primeiros a apoiar a teoria heliocêntrica de Copérnico. Contribuiu decisivamente para o aperfeiçoamento do conhecimento astronômico da época com a publicação de suas *Tabelas Prussianas*, que posicionou astros e estrelas baseado no *De Revolutionibus*. Essas Tabelas substituiriam, por sua qualidade e atualização, as Tabelas Afonsinas do século XIII, que já eram superiores às Tabelas de Toledo e de Toulouse.

Giambattista Benedetti (1530-1590), matemático e físico, não chegou a ter formação universitária, mas foi aluno de Tartaglia, ensinou na Universidade de Turim, escreveu *De Resolutione* (1553), sobre Perspectiva, e também sobre *Elementos*, de Euclides e sobre Mecânica. Trabalhou em Óptica, inclusive em câmera escura. Benedetti fez observações astronômicas em Parma, tendo sido defensor da teoria heliocêntrica de Copérnico.

Christoph Clavius (1538-1612), da Ordem dos Jesuítas, estudou em Coimbra, e, mais tarde, Teologia, em Roma, no Colégio Romano, onde ensinou Matemática. Seu nome está ligado à reforma do Calendário Juliano. A regra vigente do ano bissexto do Calendário Juliano criou três anos bissextos a mais em cada período de 385 anos; em consequência, a ocorrência dos equinócios e dos solstícios se apartava gradualmente de suas datas no Calendário. Como a data do equinócio de primavera (Hemisfério Norte) determinava a data da Páscoa, era importante para a Igreja que se introduzisse uma modificação no Calendário. Encarregado de submeter um estudo com uma proposta, Clavius propôs que a quarta-feira 4 de outubro de 1582 (juliano) fosse seguida da quinta-feira, 15 de outubro de 1582 (gregoriano), ou seja, que se avançassem 10 dias para compensar o atraso ocorrido no Calendário

ao longo dos séculos; propôs, ainda, que o ano bissexto ocorresse nos anos divisíveis exatamente por 4, exceto aqueles anos terminados em 00 que deviam ser divisíveis por 400, para serem anos bissextos. A regra é válida até hoje, pelo que não será necessário qualquer reforma por muitos séculos.

William Gilbert (1544-1603), famoso físico, autor do *De Magnete*, pioneiro no estudo e na pesquisa do magnetismo e das atrações elétricas, foi um dos mais importantes cientistas da época do reinado de Elizabeth I. Deixou um manuscrito que seria publicado postumamente, em 1651, sob o título de *De mundo nostro sublunari Philosophia Nova*, no qual aludia à estrutura do Universo e concordava com Copérnico sobre o movimento e rotação da Terra; argumentava que as estrelas fixas não estavam à mesma distância da Terra, e defendia que os planetas se mantinham em órbita por uma espécie de magnetismo.

Thomas Digges (1546-1595) dedicou-se à Matemática e à Astronomia. Em 1573, escreveu o *Alae seu scalae mathematicae*, sobre a posição da supernova de 1572, com teoremas trigonométricos que poderiam ser usados para a determinação da paralaxe da estrela. Digges foi o principal divulgador das ideias de Copérnico na Inglaterra. Traduziu boa parte do *De Revolutionibus* e acrescentou suas ideias sobre o Universo infinito, com estrelas a distâncias variáveis no espaço infinito. No seu *A Perfit Description of the Caelestial Orbes* (1576) reiterou suas ideias copernicanas. Digges fez carreira no Exército e escreveu, igualmente, sobre assuntos militares em *Stratioticos* (1579).

O astronômo e matemático alemão Michael Maestlin (1550-1631), professor na Universidde de Tübigen, teve, dentre seus alunos, a Kepler, tendo sido um importante divulgador do heliocentrismo.

Na fase pós-Copérnico da evolução da Astronomia, o primeiro grande astrônomo foi, sem dúvida, o dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601), que trabalhou no desenvolvimento de instrumentos astronômicos e na medição e posicionamento das estrelas, o que viria a facilitar futuras descobertas. Suas cuidadosas observações (antes do telescópio) incluíam o Sistema Solar e as posições de mais de 777 estrelas fixas, sendo reconhecido como o maior astrônomo observacional desde Hiparco[460].

Nascido em Knudstrup, Scania, em 14 de dezembro de 1546, pertencia a uma família aristocrática, de prestígio junto ao Rei Frederico II; Tycho

460 PANNEHOEK, Antón. *History of Astronomy.*

ingressou, aos 13 anos, na Universidade de Copenhague (1559), então sob a influência de Melanchton. Estudou Retórica e Filosofia, mas com o eclipse do Sol, de 21 de agosto de 1560, passou a se interessar pela Astronomia. Transferiu-se para a Universidade de Leipzig, indo estudar, em seguida, nas Universidades de Wittenberg, Rostock, Basileia e Augsburgo. Sua primeira observação astronômica pessoal foi a conjunção de Saturno e Júpiter, em 17 de agosto de 1563, quando lhe ficou patente a diferença entre a conjunção observada e a calculada, nas Tábuas Afonsinas de um mês e nas Tábuas Prussianas de alguns dias. Tycho Brahe passaria a basear seus trabalhos em sistemática e regular observação, de forma a obter maior precisão sobre a localização e o deslocamento dos corpos celestes.

A partir de 1569, Tycho passaria a construir seus próprios instrumentos (sextantes, quadrantes, globos, astrolábio, etc). A nova, de 1572, que fora observada a olho nu por Michael Mästlin e Thomas Digges, seria acompanhada, dia a dia, por Tycho, com seu sextante de sua construção. Note-se que a nova de 1006 consta de registro em livro do Mosteiro de São Gall, na Suíça, mas a de 1054 não foi registrada no Ocidente, mas no Japão e na China. A nova de 1572, cujo brilho durou cerca de oito meses, foi objeto de um opúsculo de Tycho intitulado *De Stella nova* (1573), razão de se utilizar a palavra nova para o fenômeno. O surgimento de uma nova estrela no firmamento (muito além da Lua e de Saturno) representava um duro golpe nas Cosmologias aristotélica e ptolomaica, baseadas, em parte, na imutabilidade do Mundo celestial. O renome de Tycho espalhou-se por toda a Europa, tornando-se um personagem importante para o prestígio do reinado de Frederico II, que passou a lhe proporcionar o necessário apoio financeiro para a construção de um grande centro de observação astronômica, que se iniciou em 1576 e terminou em 1580, e receberia o nome de Uraniburgo, na ilha de Hveen, primeiro observatório dos tempos modernos. Tycho trabalharia por vinte anos em Hveen.

A observação regular e sistemática de Tycho do cometa, cujo aparecimento ocorreu de 13 de novembro de 1577 a 26 de janeiro de 1578, foi realizada com a ajuda de sextante e quadrante, bem como a dos cometas de 1580, 1582, 1585 e 1590. Somente em 1588, seria publicado o *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis líber secundus*, no qual relatou suas observações do cometa de 1572, apresentou críticas a publicações sobre o fenômeno e adiantou um esboço de seu sistema do Mundo, que alegava ter imaginado em 1583. Os cálculos de Tycho sobre o cometa de 1572 indicavam

sua localização além da esfera de Vênus, o que viria a reforçar a corrente contrária à doutrina da imutabilidade e da incorruptibilidade celeste. Além do mais, sua conclusão de que a órbita do cometa não era circular, mas elíptica, implicava em a passagem do cometa por várias esferas celestes, impossível de admitir sem negar a existência das mesmas. Sobre o assunto, escreveu em 1588 *Sobre os mais recentes fenômenos do Mundo etéreo*, no qual se pronunciaria taxativamente contrário à existência de órbitas sólidas. Tidos, desde Aristóteles, como fenômeno sublunar, e, portanto, meteorológico, a descoberta de Tycho não foi aceita imediatamente, tendo sido, mesmo, refutada por Galileu[461]. Tal descoberta terá sido tão importante para a evolução da Astronomia quanto a dos movimentos da Terra e do heliocentrismo por Copérnico.

Tycho foi um defensor do modelo geocêntrico, uma vez que a teoria heliocêntrica dependia de uma comprovação, impossível, na época, da paralaxe estelar. Seu sistema do Mundo era o geoheliocêntrico, no qual os planetas giravam em torno do Sol, que, por seu turno, girava ao redor da Terra. Ademais, em seu modelo não existiam as esferas sólidas, como em Copérnico.

Brahe escreveu ainda *Astronomiae instauratae mechanica* sobre suas observações astronômicas.

O novo Rei da Dinamarca, Cristiano IV (1588), não teve condições para sustentar financeiramente o Observatório, nem estava disposto a aceitar as impertinências e exigências de Tycho. Em 1597, deixou Tycho definitivamente Hveen, e em junho de 1599 se instalou, com seu material e seus instrumentos, no castelo de Benatek, próximo a Praga. Neste final de vida, contou com o apoio do Imperador Rodolfo II, que residia em Praga. Em 1600, Kepler foi trabalhar na equipe de Tycho, beneficiando-se da sua experiência e dos seus trabalhos. Tycho faleceu em Praga em 24 de outubro de 1601.

O último grande personagem do século XVI a contribuir para a discussão sobre Cosmologia foi o filósofo italiano Giordano Bruno (1548-1600)[462]. Estudou na Universidade de Nápoles, ingressando, depois, na Ordem dos Dominicanos, recebendo hábito de clérigo em 1565. Em 1575, tornou-se doutor em Teologia, e em 1579, pela Universidade de Toulouse, doutor em

---

461 TATON, René. *La Science Moderne.*

462 COLEÇÃO *Os Pensadores - Bruno.*

Artes. Admoestado por seus superiores pelas ideias que defendia, foi processado por heresia, mas salvou-se, fugindo para Roma. Demorou-se pouco aí, abandonando o hábito e percorrendo o Norte da Itália, onde ensinava Astronomia. Sob a influência das ideias de Nicolau de Cusa, defendeu, com ardor e vigor, sua concepção de um Mundo infinito e ilimitado, com vários mundos habitados (*De l'infinito universo e mondi*, 1584; *De innumerabilibus, immenso et infigurabili*, 1591), diametralmente oposta à medieval de um Cosmos ordenado e finito. Contrário ao sistema aristotélico-ptolomaico, inclusive a *Física aristotélica* (Cento e vinte Teses Antiperipatéticas sobre a Natureza e o Mundo), defendeu o modelo heliocêntrico de Copérnico em *Cena de le ceneri* (*Ceia das Cinzas*, 1584)[463]. Sua insubmissão à aceitação passiva da ortodoxia escolástica, que aprendera com os dominicanos, em Nápoles, criou-lhe graves problemas com a Igreja, obrigando-o a viajar pela Europa (França, Suíça, Inglaterra, Alemanha). Em Genebra, aderiu ao calvinismo, mas se decepcionou com o sectarismo dos seus adeptos. Regressou à Itália em 1591, sendo encarcerado pelo Santo Ofício; foi condenado e, finalmente, queimado em praça pública, juntamente com suas obras, consideradas heréticas, em 17 de fevereiro de 1600.

5.2.2.2.4 Reforma do Calendário

Segundo as Escrituras, a ressurreição de Cristo teria ocorrido no domingo depois da festa de *sabat* seguinte à Páscoa judaica, que cai na primeira Lua cheia do mês Nisan. Assim, a comemoração deverá ocorrer no primeiro domingo depois da primeira Lua-cheia da primavera, ou seja, do equinócio da primavera. Trata-se, assim, de uma data móvel, regulada por Calendário lunar.

A Igreja adotou, em 325, no Concílio de Niceia, o Calendário Juliano, que combina o Calendário solar, de 365 dias com doze meses, e o lunar. A base de cálculo era a duração do ano trópico de 365 dias e ¼; assim, o período quadrienal contava com três anos simples de 365 dias cada, e um ano bissexto de 365 dias. Como a duração real do ano trópico é de 365 dias, 5 horas, 48 minutos e 46 segundos, a diferença de 11 minutos e 14 segundos corresponde a uma diferença de 1 dia a cada 128 anos. Como o equinócio da primavera, na época de Júlio César, caía no dia 25 de março,

[463] KOYRÉ, Alexandre. *Do Mundo Fechado ao Universo Infinito.*

no momento do Concílio de Niceia o equinócio, que determinava a data da Páscoa, caíra no dia 21 de março, apresentando, já, uma diferença de quatro dias. Com o passar dos séculos, essa diferença aumentava. Já no século VIII, Bede, o Venerável, sugeriu avançar quatro dias no Calendário para resolver a discrepância, e no século XIII Sacrobosco (*De anni ratione*) e Roger Bacon (*De reformatione calendarii*) advogaram uma reforma no mesmo sentido.

Com o progresso da Astronomia, e o aumento gradual dessa diferença entre o Calendário e a realidade astronômica, vários sugeriram, sem êxito, modificações: Mateus Blastares e Nicéforo Gregoras, em Bizâncio; Pedro d'Ailly (1414), no Concílio de Constança; e Nicolau de Cusa, no *De reparatione calendarii* (1436), com uma correção nas Tábuas Afonsinas. Chamado a Roma, por Sixto IV, em 1476, Regiomontanus iniciou o estudo da matéria, mas sua repentina morte interrompeu o trabalho. O assunto foi retomado pela Igreja em 1512, no Concílio de Latrão, mas nenhuma decisão foi tomada a esse respeito, apesar de ser reconhecida a necessidade de restaurar a concordância entre o Calendário civil e eclesiástico e os dados astronômicos, indispensáveis para o cálculo da Páscoa, da qual dependem todas as festas móveis do ano litúrgico. Em 1514, Copérnico não aceitou o convite do Vaticano para estudar uma possível reforma do Calendário, sob o argumento de que pouco se conhecia, ainda, sobre os movimentos dos corpos celestes.

O médico e astrônomo napolitano Luigi Lilio (?-1576) propôs um sistema de cálculo a Gregório XIII, que foi aceito, mas não pôde ser iniciado, devido à sua morte. Clavius, principal astrônomo do Vaticano, foi encarregado pelo Papa de efetuar os cálculos, que foram reunidos no *Romani calendarii a Gregório XIII P.M. restituti explicati*.

Para corrigir o erro sistemático do Calendário Juliano foram suprimidos três anos bissextos de cada 400 anos (aqueles que o milésimo é um número inteiro de centenas não divisíveis por 4), ou seja, o ano bissexto deveria ocorrer nos anos divisíveis exatamentepor 4, exceto aqueles terminados por 00, que deviam ser divisíveis por 400, para serem bissextos (exemplos: 1600, 2000). A regra é válida até hoje. A correção do avanço do ano civil sobre o ano astronômico se fez com a supressão de 10 dias; assim, pelo decreto de março de 1582, Gregório XIII determinou que o dia que se seguiria à festa de São Francisco (quarta-feira, 4 de outubro de 1582) seria a quinta-feira, 15 de outubro.

O Calendário Gregoriano foi adotado, na data fixada por Roma, pela Itália, Polônia, Portugal e Espanha; a França o adotaria em dezembro do mesmo ano, e a Alemanha católica, em 1583. Os Estados protestantes da Alemanha se opuseram ao Calendário papista, só vindo a adotá-lo em 1700. A Inglaterra o adotou legalmente em 1752, quando o 14 de setembro se seguiu ao dia 2 de setembro; a Inglaterra aproveitou esta modificação para estabelecer o início do ano em 1 de janeiro, em vez de 25 de março. A Igreja ortodoxa recusou-se a aceitar o Calendário Gregoriano, vindo a Rússia a adotá-lo somente em 1923[464].

Registre-se, de passagem, que a adoção do Calendário não foi totalmente pacífica, tendo havido até algumas revoltas populares em alguns países, pela perda de 10 dias.

5.2.2.3 Física

Como esclareceu o já mencionado Ronan, o desenvolvimento da Física durante o Renascimento é, de certa forma, frustrante. Certamente houve algum progresso no estudo do magnetismo terrestre, realizaram-se alguns trabalhos em Óptica e aumentou a compreensão de algumas questões referentes à Mecânica, mas, mesmo assim, o progresso foi pequeno. Alguns nomes servem de referência ao estudo da Física no período, como Nicolau de Cusa, Leonardo da Vinci, Tartaglia, Cardano, Benedetti, Soto, Gilbert e Stevin, mas pouco avanço se registrou entre o início do século XV, com Cusa, e o final do século XVI, com Stevin.

Comparado com outros ramos das Ciências exatas, como a Matemática (principalmente a Álgebra e a Trigonometria) e a Astronomia (teoria heliocêntrica), o progresso na Física no Renascimento científico foi insignificante, tanto na teoria quanto na experimentação, ou, em outras palavras, conceitualmente, a Física dos séculos XV e XVI limitou-se a um retorno à Grécia Antiga. Tal situação se deveu a que somente a partir das edições (1558) de Commandino dos escritos de Arquimedes se conheceu na Europa ocidental o estágio a que chegaram os estudos e a pesquisa na Mecânica. Em consequência, o extraordinário desenvolvimento teórico e experimental no campo da Física só ocorreria a partir do século XVII, com as contribuições

[464] PANNEHOEK, Antón. *A History of Astronomy.*

inovadoras, revisionistas e revolucionárias de Galileu, Kepler, Snell, Descartes, Pascal, Bartholin, Boyle, Huygens, Hooke, Newton, Leibniz e tantos outros.

Três grandes e principais convicções da Física (Mecânica) aristotélica, aplicáveis aos movimentos (natural e violento) no Mundo sublunar, e, por conseguinte, válidas durante o Renascimento científico, podem ser apresentadas nas seguintes generalizações: i) os corpos cairiam porque são pesados, isto é, porque tenderiam para seu lugar natural; possuiriam, assim, um princípio intrínseco de movimento, e cairiam com velocidade cada vez maior na medida em que são mais pesados; a velocidade da queda seria diretamente proporcional ao peso; ii)o meio com que o corpo se move seria um elemento essencial do fenômeno movimento, que seria necessário levar em consideração ao determinar a velocidade da queda dos corpos pesados; considerada a velocidade de um corpo em queda livre como inversamente proporcional à densidade do meio, no vácuo a velocidade seria infinita, o que tornaria o vácuo uma impossibilidade; iii) como tudo o que se move requereria uma causa, o movimento violento necessitaria uma força impulsora, que o produziria e o conservaria; como o repouso seria o estado natural, não haveria necessidade, assim, de se aduzir uma causa[465].

A Estática, estudo das leis e condições de equilíbrio ou de anulação recíproca de forças que atuam sobre um sólido, foi a parte da Mecânica de maior êxito na Grécia Antiga. O princípio da alavanca e suas aplicações às polias e balanças, a noção de momento, a antevisão do paralelogramo das forças, o cálculo dos centros de gravidade de muitas superfícies e sólidos, e a noção de trabalho virtual foram razoavelmente abordados na Antiguidade Clássica. A tradição aristotélica da Estática desenvolveria a "prática do ensino do princípio dos mecanismos por meio da teoria das cinco máquinas simples"[466] – alavanca, polia, sarilho, plano inclinado e parafuso sem fim, que continuaria, inclusive, nos tempos de Galileu. A contribuição do Renascimento científico no campo da Estática foi reduzida, limitando-se a comentários sobre o conhecimento recebido da Grécia Antiga; a obra de Stevin, que publicou três livros sobre Estática, nos quais tratou, entre outros, do equilíbrio no plano inclinado e da impossibilidade do movimento perpétuo, constituiu por seu valor uma exceção.

No campo da Dinâmica, a evolução se apresentou de forma distinta da da Estática, pela importância que assumiu, no século XVI, o conceito de

---

[465] ROSSI, Paolo. *O Nascimento da Ciência Moderna na Europa.*
[466] RUPERT HALL, A. *A Revolução na Ciência 1500-1750.*

impulso, originalmente formulado por Buridan. A Mecânica de Aristóteles não seria, contudo, contestada, continuando universalmente aceita (teoria heliocêntrica de Copérnico); algumas ideias novas que pudessem surgir se limitavam a introduzir algumas adaptações ou interpretações aos dogmas aristotélico-tomistas.

Dentre os estudiosos da Mecânica (Dinâmica), o cardeal Nicolau de Cusa foi dos primeiros, no século XV, a escrever sobre o problema do movimento (*Dialogus trilocutorius de Possest*, 1454 ?; *De Ludo Globi e Aristotelis Problemata*), inclusive sobre a teoria do impulso; sem ser um físico, influenciaria da Vinci e Copérnico; seria um grande defensor no estudo da natureza da utilização da mensuração e determinação do peso dos corpos, e favorecia a balança como instrumento de medida por excelência (*De staticis experimentis*, 1450) de aplicação na Física, na Meteorologia e na Medicina[467].

Leonardo da Vinci, defensor da preponderância da experiência, não deixou obra teórica, mas um grande número de anotações, muitas vezes em linguagem de difícil compreensão. Sua Mecânica era baseada nos princípios aristotélicos, com alguns acréscimos, sem, contudo, ter descoberto leis ou enunciado princípios; na Estática, interessou-se, particularmente, pela balança, alavanca e plano inclinado, procedendo a uma série de experiências; sua Dinâmica, influenciada por Nicolau de Cusa e Alberto de Saxe, aceitava o ímpeto como uma virtude criada pelo movimento e impressa pelo motor no móvel; o ímpeto se esgotaria com a produção do movimento. Da Vinci pesquisou sobre a queda dos corpos e sobre o princípio da igualdade da ação e da reação. Estudou, também, o movimento de um projétil, que constaria de três fases: a primeira, do predomínio da violência, o movimento seria reto; a segunda, dada a tendência para baixo, o movimento seria de curva; e a terceira, devido à natureza, o projétil cairia em linha reta. A contribuição de Leonardo foi limitada, mas é ilustrativa do nível conceitual da Mecânica no início do século XVI.

O matemático Nicolau Tartaglia, em sua pequena obra *A Nova Ciência* (1537) apresentou uma Dinâmica tradicional, dirigida aos engenheiros e práticos, e não aos filósofos e cientistas; por essa razão, o livro não discute conceitos, nem explica as causas dos fenômenos, mas apresenta uma série de definições, seguidas de axiomas, das quais se deduzem as proposições da

---

[467] TATON, René. *La Science Moderne.*

nova ciência. Tartaglia concordava em que os movimentos poderiam ser naturais ou violentos, mas a queda vertical seria o único movimento natural possível, que, à medida que o corpo se distanciava de seu ponto de partida, adquiriria mais velocidade; os movimentos violentos seriam simétricos: ao se distanciarem de seus pontos de partida, os corpos teriam sua velocidade reduzida. Em 1546, Tartaglia publicou *Quesiti et inventioni diverse*, estudo de balística no qual modificava um pouco suas teorias expostas em *A Nova Ciência*; a principal mudança era a afirmação do caráter curvilíneo da trajetória do movimento violento, a menos que este fosse vertical, o que implicava numa trajetória sem parte retilínea para um tiro de canhão[468]. Essa obra tem, também, uma parte de Estática, baseada em Nemorarius.

O matemático Girolamo Cardano, em seu famoso e célebre *De subtilitate* (1550), mostrou-se partidário da teoria do ímpeto, com críticas à Mecânica de Aristóteles. Defendeu a teoria de três movimentos: o puramente violento, o misto e o puramente natural. Admitia, com Aristóteles e Leonardo, que a aceleração inicial de um projétil atingiria sua velocidade máxima e seu poder de choque no meio de seu curso. Em 1570, Cardano publicou *Opus novum de proportionibus*, na mesma linha que o livro anterior, acrescentando que o movimento natural deveria ser uniforme, pois sua causa é constante, e o movimento violento constantemente reduzido, visto que sua causa se esgotaria ao produzi-lo.

Alessandro Piccolomini (1508-1578)[469], em sua *In mechanicas questionis Aristotelis paraphrasis*..., de 1547, defendeu a teoria do ímpeto pura. O italiano Júlio César Scaliger (1484-1558), crítico de Aristóteles e de Arquimedes, opôs-se à obra de Cardano, por sua utilização da teoria aristotélica da reação do meio ao lado da do ímpeto. Outro italiano, Bernardino Baldi (1553-1617), baseado em Cardano e Piccolomini, escreveria, em 1582, *In mechanica Aristotelis problemata exercitationes*, no qual equipara o movimento violento ao natural enquanto predominar a violência, isto é, o movimento violento se aceleraria no início. Como o ímpeto violento se esgotaria, o movimento violento se reduziria, enquanto o movimento natural, que se manteria por ele mesmo, estaria sempre acelerado.

O espanhol Domingo de Soto (1494-1570), autor de *Quaestiones super octo libri Physicorum Aristotelis*, de 1545[470], mas publicado em 1572,

---

[468] KOYRÉ, Alexandre. *Estudos de História do Pensamento Científico.*
[469] TATON, René. *La Science Moderne.*
[470] DUGAS, René. *The History of Mechanics.*

teria sido o primeiro a relacionar o movimento da queda dos corpos com o tempo, e que um corpo naturalmente em queda poderia ser considerado em aceleração uniforme, o que voltaria a ser retomado com Galileu.

Giambattista Benedetti (1530-1590) foi o mais talentoso mecânico italiano do período, tendo, inclusive, exercido profunda influência sobre Galileu, apesar de sua física ser nitidamente medieval/renascentista. Buscou a matematização da Mecânica, em oposição consciente à Física qualitativa e empírica aristotélica. Conhecedor da obra de Arquimedes no campo da Estática procurou Benedetti construir uma Física, ou o que chamava de uma "Filosofia matemática" da Natureza. Seu apego à teoria do ímpeto para explicar o movimento o impediria de obter significativo progresso em suas pesquisas da Mecânica, ainda que tenha concluído que dois corpos de mesma natureza caem com a mesma velocidade no vácuo, qualquer que seja o peso de cada um. A negativa do vácuo de Aristóteles foi, igualmente, criticada. Em seu livro *Demonstratio proportionum motuum localium contra Aristotelem* (1554), Benedetti explicou que a doutrina de Aristóteles, segundo a qual os corpos pesados caem mais rapidamente que os leves, e na proporção de seus pesos, estaria errada, pois não seria o peso, mas o excesso de peso do corpo sobre o do volume igual do meio ambiente que determinaria a queda e sua velocidade. Benedetti escreveu, ainda, *Diversarum speculationum mathematicarum et physicarum líber* (1585), no qual voltou a criticar a Física de Aristóteles e a explicar a teoria do ímpeto, esclarecendo que o meio não é nunca um motor, mas um obstáculo ao movimento[471].

Guidobaldo del Monte (1545-1607), que estudara Matemática com Federico Commandino (tradutor e editor de Arquimedes, Euclides, Apolônio, Pappus e Aristarco) e amigo de Galileu, a quem ajudaria, no início de sua carreira, escreveu *Mechanicorum*, de 1577, sobre Estática, no qual advogaria a Física aristotélica e rejeitaria os enfoques de Jordanus, Tartaglia e Cardano.

O mais importante pesquisador da Mecânica no Renascimento científico foi o belga Simão Stevin (1548-1620), nascido em Bruges. Na Dinâmica apenas procedeu a uma experiência, relatada na Estática (1586), na qual verificou que quando se deixa cair, no mesmo instante, corpos leves e pesados, da mesma altura, o tempo da queda é igual para todos, que chegarão juntos ao solo. O campo em que se notabilizou Stevin foi o da Estática, na qual foi discípulo confesso de Arquimedes.

---

[471] DUGAS, René. *The History of Mechanics.*

Engenheiro e professor, escreveu Stevin três livros sobre Estática, de real interesse: *Princípios da Estática*, *Aplicações da Estática* e *Princípios da Hidrostática*. Em *Princípios da Estática*, Stevin estudou a teoria da alavanca, o centro de gravidade dos corpos e o teorema do comportamento dos corpos em um plano inclinado, o que o levou à descoberta da Lei do plano inclinado pelo célebre colar das esferas: a tração para baixo é inversamente proporcional ao comprimento do plano inclinado, ou, quanto menor o comprimento do plano, maior a força. Stevin refutaria a possibilidade do movimento perpétuo. Seu livro *Princípios da Hidrostática* foi o primeiro sobre o assunto, desde Arquimedes, no qual tratou do equilíbrio hidrostático nos vasos comunicantes e incluiu uma explicação sobre o paradoxo hidrostático, a lei que estabelece que a força exercida por um líquido sobre o fundo do recipiente que o contém depende, apenas, da superfície sob pressão e da altura acima dela, e nada tem a ver com a forma do recipiente; ou seja, em 1586 demonstrou que a pressão exercida por um líquido sobre uma superfície depende da altura da coluna do líquido e da área ocupada pela superfície, independentemente do tamanho do recipiente. A contribuição de Stevin à Mecânica, em particular à Estática, foi a mais significativa do Renascimento científico[472].

Embora o conjunto da obra de Galileu, considerado o fundador da Física moderna, deva ser examinado no contexto do desenvolvimento da Ciência no século XVII, dois importantes livros seus sobre Mecânica foram publicados no final do século XVI: *De Motu*, de 1590, em que já se basearia em Arquimedes para contrariar a Mecânica de Aristóteles, e *De Mecaniche*, de 1596, onde sugeriria a noção de inércia; em ambos os trabalhos Galileu já demonstraria sua profunda admiração pelo físico e matemático de Siracusa, ao se declarar discípulo “do superhumano Arquimedes, cujo nome nunca menciono sem um sentimento de veneração” [473].

A relativa estagnação da Física no período não impediu que voltasse a despertar certo interesse o fenômeno do magnetismo, muito em função da bússola magnética, usada na navegação. O primeiro a escrever sobre o assunto, no Ocidente, foi Pedro de Maricourt (ou Peregrino), no século XIII. Em sua famosa *Carta sobre o imã, de Peter Peregrinus de Maricourt a Syergus de Foucaucourt, soldado*, de 1269, além de descrever a magnetita

[472] DUGAS, René. *A History of Mechanics.*
[473] HALL, Marie Boas. *The Scientific Renaissance 1450-1630.*

e suas propriedades, o autor definiu a propriedade do imã de apontar sempre para o Norte, mencionando, pela primeira vez, polo magnético e explicando que, partido em dois, um imã se transforma em dois.

Em 1581, apareceu a obra de Robert Norman *Uma Nova Atraente, com um breve texto sobre o Ímã ou magnetita*, na qual escreveu sobre a magnetita e sobre o fenômeno hoje chamado inclinação magnética, que teria sido descoberto pelo inglês George Hartmann, em 1544, mas cuja carta, com a descoberta, permaneceu desconhecida até o século XIX.

O trabalho mais significativo sobre magnetismo, durante o Renascimento científico, foi realizado por William Gilbert (1540-1603), de Colchester, famoso médico de Londres, membro e Presidente do Colégio Real de Médicos, que, em 1600, foi designado médico da rainha Elizabeth I. Nesse mesmo ano, publicou Gilbert o *De Magnete magneticisque corporibus et magno magnete tellure*... (*Sobre o Magneto, Corpos Magnéticos e o Grande Magneto da Terra*), ou, simplesmente, *De Magnete*, no qual revelava profundo conhecimento do magnetismo, tanto da bússola magnética quanto do imã e seus poderes de atração e repulsão. A obra, que adquiriu imediatamente fama na Europa, e foi reeditada em 1628 e 1633, estabelecia uma Filosofia magnética. Aceitava a teoria copernicana do movimento de rotação da Terra, mas não se pronunciava sobre o heliocentrismo. Sua conclusão era a de que a Terra era um grande imã e que a agulha da bússola não apontava para as nuvens, mas para os pólos magnéticos do globo. Gilbert fazia na obra uma distinção entre a atração exercida pelo âmbar – hoje chamada atração eletrostática – e atração magnética; explicava que o imã era envolto por uma órbita invisível de virtude, e foi o primeiro a empregar os termos atração elétrica, força elétrica e polo magnético. Sua obra foi muito apreciada por Galileu e Kepler.

Além da Mecânica e do Magnetismo, outro ramo da Física, de interesse da época, foi a Óptica, principalmente a partir da obra de al-Haytham, impressa em 1572, e dos trabalhos de Witelo. Não houve, neste campo, nenhum progresso significativo. Um dos estudiosos da matéria foi o matemático Francesco Maurolico (1494-1575), autor de *Photismi de lumine* (*Luz referente à luz*) de 1567, que tratava da projeção de sombras, da reflexão, da formação do arco-íris, da estrutura do olho humano, das várias espécies de óculos disponíveis e sua função[474]. Era mais uma obra de divulgação do

[474] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

conhecimento óptico da época do que reveladora de descobertas e novas teorias. O autodidata Giambattista della Porta (1535-1615), irmão leigo dos jesuítas e devotado participante da Contra-Reforma, foi inquirido pela Inquisição, e por algum tempo seus escritos foram proibidos. Autor de *Magia Natural* (1558), dedicou uma parte desta obra para tratar do espelho côncavo. Em *De Refractione* (1593) estudou a questão da refração, relatando experiências com espelhos côncavos e convexos; nessa obra, Porta descreveu uma câmara escura com lente.

5.2.2.4 Química - Alquimia

Com todo esse conhecimento empírico e teórico, formulado ao longo de vários séculos, o Período do Renascimento científico foi, em comparação com outros domínios do saber (Álgebra, Cosmologia/Astronomia, Anatomia), de relativa estagnação quanto à Química teórica. Ao contrário da Física aristotélica, sob questionamento e dúvidas, as concepções de Empédocles/ Aristóteles (quatro elementos) prevaleceriam, sem contestação, quanto ao entendimento da composição da matéria. Os próprios alquimistas a ela aderiram. O grande desenvolvimento da Química teórica, com uma nova concepção dos elementos, se daria a partir do século XVII.

A história desta Ciência, ainda em uma fase de protociência, registrou, no Renascimento científico, o que se poderia chamar de vertente da atroquímica, ou, da utilização da Química, ou melhor, da Alquimia na Medicina (iatrós, em grego, significa médico). Seu criador e mais célebre representante foi Paracelso, nascido na Suíça em 1493, onde recebeu, na pia batismal, o nome de Theophrastus Bombast von Hohenheim, e falecido em Salzburgo, em 1541. Após adquirir, com seu pai (alquimista), e no trabalho de mineração, onde vivia, na Áustria, conhecimento das propriedades dos minerais e experiência na sua manipulação, Paracelso viajou pela Europa (Suécia, Polônia, Itália, Espanha; em Wurttemberg teve aulas com o famoso astrólogo-alquimista Trithemius; em Paris, estudou com Ambroise Paré) com o intuito de obter maior conhecimento teórico. Em pouco tempo, se desencantou com o ensino acadêmico universitário, ministrado em latim, com base em Galeno e Avicena; no futuro, suas aulas de Medicina seriam em alemão, e, até mesmo, admitiria em seus cursos a presença de barbeiros-cirurgiões.

Pregando a experiência como fonte do conhecimento, Paracelso voltaria a perambular pela Europa (e até Constantinopla), desta vez exercendo a

Medicina, quando seu nome começou a obter fama e notoriedade europeia. Insurgiu-se contra as tentativas da Alquimia de produzir ouro, e defendeu a utilização de sua técnica na Medicina, na produção de remédios químicos, com a preparação de drogas específicas para o tratamento de doenças específicas; propôs uma Farmacopeia clara e precisa, com a descrição do preparo dos remédios. Paracelso estudou extensamente os compostos químicos: sais de zinco e cobre, compostos de chumbo e magnésio, preparados de arsênico; descreveu as propriedades de dois elementos: bismuto e cobalto. Aceitava a teoria dos quatro elementos, mas acrescentava a estes os da Alquimia: enxofre, mercúrio e sal[475]. Na defesa de sua iatroquímica, zombaria dos ensinamentos de Galeno e Avicena, chegando mesmo a queimar obras desses dois autores em praça pública. Opunha-se à teoria dos quatro humores (Medicina ortodoxa), desenvolvendo a doutrina das assinaturas, baseada na sabedoria superior da Natureza. Paracelso foi uma figura polêmica e controvertida; bêbado, fanfarrão e devasso, para uns; genial e inovador, para outros; incoerente e contraditório, para outros, ainda. Embora tenha efetuado importantes trabalhos laboratoriais, inclusive quanto aos métodos para a preparação de compostos minerais, a sua química era parte de uma concepção anticientífica, pelo que não viria a prosperar após sua morte. No campo da Medicina, apesar de se opor à noção de que as doenças não seriam causadas por um agente específico, e sustentar que as moléstias eram resultado de causas externas ao corpo, Paracelso acreditava não ser necessário basear a Medicina no conhecimento de Anatomia e da Fisiologia, o que, mesmo naquela época, já era uma posição rejeitada pela maioria da classe médica. O movimento em favor da iatroquímica, em bases científicas, só viria a se desenvolver a partir de Johann Baptist Van Helmont (1579-1644), mas sem qualquer ligação com os trabalhos anteriores do alquimista suíço.

Um dos mais conhecidos seguidores de Paracelso foi Jean Beguin (1550-1620), que escreveu o primeiro livro didático de Química, *Tyrocinium Chymicum* (1610), e *Éléments de Chimie* (1615), que mereceu seis edições em latim e francês, e uma em inglês.

O médico e alquimista alemão Andreas Libavius (1540-1616), ferrenho opositor das ideias de Paracelso, foi um precursor da química analítica, descobrindo métodos para a preparação de sulfato de amônia, de sulfeto de antimônio, de ácido hidroclórico e de tetraclorido de estanho. Sua principal

---

[475] WOJTKOWIAK, Bruno. *Histoire de la Chimie.*

obra foi *Alchymia*, de 1597, mas escreveu diversos outros livros, como *Defensio et declaratio perspicua alchymiae transmutatoriae*. Crente da transmutação de metais em ouro, Libavius foi, contudo, crítico do misticismo e do secretismo dos demais alquimistas. Estudou as propriedades medicinais de alguns ácidos, classificou os metais em duas categorias: os verdadeiros metais (ouro, prata, ferro, estanho, cobre, chumbo e mercúrio) e os semimetais (antimônio, arsênico, zinco e bismuto)[476].

Outra vertente importante da Química, durante o Renascimento científico, foi a dos tratados técnicos, muito em função do desenvolvimento da metalurgia e da produção da pólvora. Surgiram, por essa época, os livros práticos ou os textos técnicos, como o famoso *Buch zu Distillieren* (*Livro da destilação*), de 1519, que se caracterizavam pela clareza, simplicidade e objetividade. Um dos mais famosos livros desse gênero foi o *Pirotecnia*, de Vannoccio Biringuccio (1480-1540), sobre a química, a destilação, a manufatura da pólvora, a metalurgia e a moldagem de peças, desde fontes e medalhões até grandes estátuas e canhões. Nessa obra, Biringuccio tornou conhecidos processos comerciais até então mantidos em segredo.

Dois outros livros técnicos foram, igualmente, relevantes para o desenvolvimento da mineração e metalurgia do século XVI: *Descrição dos métodos de mineração e processamento do minério de chumbo* (1574), de Lazarus Ercker, onde descreveu métodos usados para analisar metais preciosos; e *De re metallica* (*Metalurgia*), publicado em 1555, de Georg Bauer (Agrícola), cuja obra expunha claramente os problemas de extração e tratamento dos minerais e lançaria as bases para uma concepção mais moderna da Geologia e da Paleontologia. Bernard Palissy (1510?-1589), famoso por seu trabalho pioneiro em vidro, cerâmica e esmalte, fez estudos no campo da Geologia e Paleontologia, e foi um crítico da Alquimia e da transmutação dos metais. Adepto do método experimental, contribuiu Palissy, de forma positiva, para a implantação do espírito científico para a compreensão dos fenômenos naturais.

5.2.2.5 História Natural

As áreas do conhecimento, que hoje abarcam as Ciências da Terra e a Biologia, eram denominadas, no passado, como História Natural. Na

[476] LEICESTER, Henry. *The Historical Background of Chemistry.*

realidade, a História Natural se referia aos domínios dos três reinos, o animal (fauna), o vegetal (flora) e o mineral (minérios, rochas).

5.2.2.5.1 Ciências da Terra

Nenhum progresso foi realizado na área da observação e da pesquisa geológica desde a decadência da civilização helênica. A Cosmogonia cristã, ao asseverar a criação recente (cerca de 4 mil anos antes da Era cristã) do Universo, e da Terra, em seis dias, defendia a perfeição, porque obra divina, da Terra e dos seres que o habitavam, que, nestas condições, não eram suscetíveis de transformações. A busca de causas físicas e naturais para os fenômenos passou a ser irrelevante e desnecessária. Durante esse período de mais de mil anos, fósseis foram encontrados, mas o Dilúvio era responsabilizado pela presença de vestígios marinhos em terras elevadas; os diversos fenômenos (erupções, terremotos) e acidentes geográficos (montanhas, rios) tinham explicações bíblicas.

O dominicano Alberto Magno entendia os fósseis como resultado da petrificação de restos animais, e, consequentemente, concordava com a hipótese da mudança de posição respectiva do mar e da terra, o que equivalia dizer que aceitava modificações da geografia ao longo do tempo. Cerca de trezentos anos depois, o huguenote Bernard de Palissy defenderia que “no livro do Gênese está escrito que Deus criou todas as coisas em seis dias e repousou no sétimo, entretanto Deus não criou essas coisas para deixá-las ociosas”[477]. As evidências se acumulavam de que algo se passava no interior da Terra e de que a Natureza estava em contínua mudança.

Na segunda fase do Renascimento científico, o assunto ganhou nova dimensão e despertou algum interesse. Os países mediterrâneos se interessariam pelo estudo dos vulcões; a pesquisa mineralógica e hidrológica seria incentivada pela Medicina, que atribuía certas qualidades curativas às pedras e às águas minerais; e o desenvolvimento da mineração (principalmente na Alemanha) levaria, além da inovação técnica em equipamentos e instrumentos, à perda gradual do medo e da superstição quanto ao subsolo. Haveria avanço no estudo e na pesquisa da Geologia durante o Renascimento científico, mas, como Ciência, só seria constituída no século XVII.

[477] TATON, Henri. *La Science Moderne.*

Se havia consenso quanto à esfericidade da Terra, nada se conhecia, na realidade, sobre sua constituição física. Para o matemático e físico italiano, Girolamo Cardano, a massa do Globo seria líquida, e os continentes flutuariam sobre a superfície da água (*De Subtilitate Rerum*); para Júlio César Scaliger, ao contrário, a massa da Terra seria sólida, com os mares, de pouca profundidade, ocupando pequena área. Esta concepção não impedia de aceitar a existência, no interior sólido da Terra, de imensas cavernas com água, fogo e ventos violentos, cujas atividades podiam ser atestadas pelos fenômenos na superfície. Essa ideia era aceita por Leonardo e por Agrícola; a teoria do fogo central era aceita por Jaccopo Mariano (século XV), que formularia uma explicação geral dos vulcões e dos terremotos.

A questão do relevo, e de suas causas, da Terra era igualmente motivo de controvérsia, sendo comumente aceito, porém, que não houvera modificações desde o momento da criação. Para o já citado Bernard Palissy, "Deus criou os limites do mar, os quais não podem ser transpostos, conforme escrito pelos Profetas". Para o já mencionado Júlio César Scaliger, seria inútil procurar a origem das montanhas como a do Universo, pois elas foram colocadas por Deus nos lugares mais apropriados; o que não poderia ser aceito era a noção de que o relevo terrestre pudesse ter sofrido modificações importantes desde a criação do Mundo.

Os terremotos e vulcões sugeriam certa instabilidade na crosta terrestre, como as atividades vulcânicas ocorridas em 1488, 1527 e 1538 no Sul da Itália. Scaliger concordava com Aristóteles (*Meteorológicos*) ao atribuir o fenômeno a ventos subterrâneos, enquanto Cardano e Palissy explicavam que o fogo subterrâneo, alimentado pelo enxofre, pirita e carvão, propiciava uma exalação violenta, a qual explodia a cratera das cavernas e provocava o terremoto, o aparecimento de vulcão e de montanhas e até o surgimento de terras. Para Agrícola (1494-1555), o fogo não poderia explicar as montanhas, já que as destruiria ao consumir seu interior; as montanhas seriam resultado da ação de duas forças, a água e o vento, que teria começado "em tempo, lugar e modo bem anteriores à memória do Homem"[478], o que poderia ser interpretado como pressentimento da imensidão do tempo geológico.

O papel da erosão da água (chuva, gelo, rio), da erosão e da sedimentação no relevo já fora notado na Antiguidade (Heródoto, Estrabão); Leonardo e Bernard de Palissy eram da mesma opinião. Curioso registrar o entendimento

[478] TATON, René. *La Science Moderne.*

de Bernard Palissy de que o nível do mar era, em geral, mais elevado do que o da terra, mas somente no meio: "nas extremidades o mar tem uma medida, por ordem de Deus, de modo que não possa submergir a terra"[479], demonstrando desconhecimento da Hidrostática.

Quanto aos fósseis, desde a Antiguidade (Heródoto, Aristóteles, Estrabão) já se deduzia que o mar outrora cobrira o terreno em que se encontravam os fósseis marinhos. Tal compreensão do problema era compartilhada, entre outros, por Alberto Magno, Leonardo, Alessandro Alessandri (1460-1523), Girolamo Fracastoro (1478-1553), Conrad Gesner, Andrea Cesalpino, Palissy. O problema era saber como a terra foi recoberta pela água nos locais em que os fósseis eram encontrados.

Cardano e outros encontravam explicação no Dilúvio, teoria criticada por Leonardo, sob o argumento de que os fósseis, se depositados pelo Dilúvio, deveriam encontrar-se dispersos no mesmo nível, camada por camada, nos flancos das montanhas; para Leonardo, as conchas marinhas foram recobertas pelo aluvião trazido pelos rios, o qual, ao se acumular, emergira, vindo a formar, eventualmente, as montanhas onde se encontram os fósseis marinhos. Bernard Palissy considerava os fósseis como "restos de animais de água doce", originários do próprio local, e não aceitava a explicação do Dilúvio para sua localização em terras altas. Importante anotar que Bernard Palissy avançou a teoria de que muitos fósseis pertenceriam a "espécies extintas ou desaparecidas" de peixes cujas sementes se perderam; Conrad Gesner, em sua descrição dos fósseis em *De rerum fossilium, lapidum et gemmarum figuris* (1565) não apoiaria tão ousada teoria.

Desde a Antiguidade, papel fundamental foi concedido à água, inclusive como o único ou um dos elementos constitutivos do Universo. O relevo terrestre estava diretamente influenciado pelas águas, cuja fonte se encontrava no interior da Terra, para onde retornava após fertilizar a superfície. Para Pierre Belon (1517-1564), uma fonte subterrânea alimentava o mar Negro, que corria continuamente para o Mediterrâneo. Segundo o já mencionado Scaliger, pressionada nas cavernas subterrâneas pelo peso das rochas e da terra, a água viria à superfície, ou dos mares ou das fontes e dos lagos, enquanto o também já citado Cardano argumentava que a água era o resultado de uma transmutação subterrânea do ar, resultando na chuva e na neve. Na realidade, era comumente aceita a explicação de uma imensa circulação subterrânea,

---

[479] TATON, René. *La Science Moderne.*

originária do mar e para lá retornando; a dificuldade dessa explicação estava em como justificar a existência de fonte de água doce, se toda a água provinha do mar e a ele retornava. Scaliger alegava que a terra agia como um filtro, retendo o sal marinho. A objeção provinha de Bernard Palissy que, ao criticar a ideia da circulação subterrânea, explicava, corretamente, que a água do mar e das terras úmidas se evaporava, formando nuvens que caíam como chuva. Palissy argumentava, ainda, que as águas da chuva atravessavam camadas permeáveis e se acumulavam no fundo de pedra ou de terra argilosa; explicou, ainda, Palissy, a formação do lençol freático e as razões da variação de seu nível[480].

As águas minerais, que tiveram ampla aplicação terapêutica na Antiguidade, foram, igualmente, receitadas no século XVI, na crença de que a água conteria substâncias úteis aos doentes. Médicos famosos, como Paracelso (1493-1541) e Ambroise Paré (1509-1590), recomendavam seu uso terapêutico. Palissy e Peletier (1517-1582) chamaram atenção para certas águas maléficas para a saúde, nos Alpes. Várias teorias foram aventadas sobre a composição das águas termais, como a de Palissy, de que as águas eram aquecidas por alguma combustão de enxofre, carvão, terra e betume; e a de Agrícola, de que o betume era o responsável por aquele tipo de água. Em consequência, vários balneários, na Europa, atrairiam clientes, como Carlsbad, Aix-la-Chapelle, Bourbon-l'Archambault; e vários livros seriam editados, como os de Michele Savanarola (*De omnibus mundi balneis*, 1493); de Remaclus de Fuchs (*Historia omnium aquarum*, 1542); de Conrad Gesner (*De balneis*, 1553); de Falloppio (*De thermalibus aquis libri VII*, 1564); de Martin Ruland (*Hydriatice*, 1568); de Andrea Bacci (*De thermis libri VII*, 1571)[481].

No campo da Mineralogia, nenhum progresso significativo ocorreu, desde as iniciativas, nos tempos helênicos, por Aristóteles e Teofrasto. Algumas tentativas, como a da classificação por ordem alfabética, não tiveram utilidade, e foram abandonadas pela confusão resultante da variada etimologia das palavras (grego, latim, árabe, persa, hebraico). Na falta de conhecimento químico, as experiências alquímicas teriam pouco valor para a compreensão e esclarecimento do reino mineral.

Dado o crescente interesse pela mineração e metalurgia, de grande utilização no processo industrial nascente, haveria, contudo, um número

---

480 TATON, René. *La Science Moderne.*
481 TATON, René. *La Science Moderne.*

razoável de publicações, de caráter técnico, nas quais aspectos de análise e informações sobre minérios, metais, rochas, sais, veios e filões, eram tratados. Nomes que devem ser lembrados nesse pioneirismo do século XVI são os de Bernard Palissy (1510-1589), com *Discours admirables des eaux et fontaines, de la terre...* (1580); Christoph (*Encelus*) Entzel (1520-1586), com *De re Metallica*, de 1551; Georg Bauer Agrícola (1494-1555), com *De natura fossilium* (1546) e *De re metallica*, de 1556; Ulisses Aldrovandi (1522-1605), com *Musaeum metallicum* (publicado postumamente); Vannoccio Biringuccio, com *De pirotechnica* (1540); Bernardo Perez de Varga (?- 1569), com *De re metallica* (1569); Lazarus Ercker, com *Descrição dos métodos de mineração e processamento de minério de chumbo* (1574)[482].

No âmbito das Ciências da Terra, dois nomes merecem, por suas importantes contribuições, algumas informações adicionais.

Georg Bauer (1494-1555), mais conhecido pelo nome latinizado de Agrícola; nasceu e faleceu na Saxônia. Graduou-se pela Universidade de Leipzig (1518), estudou Filosofia em Bolonha e Pádua, e formou-se em Medicina na Universidade de Ferrara, exercendo a profissão em centros mineiros, como Joachimstahl (de 1527 a 1533) e Chemnitz (de 1533 até sua morte). Vivendo e trabalhando em uma região mineira, Agrícola adquiriu conhecimento teórico e prático de Geologia, interessando-se pela Mineralogia, como Paracelso, devido a uma possível conexão com medicamentos. Agrícola escreveu seis obras, todas sobre metalurgia, Mineralogia e mineração. Em seu famoso *De re metallica*, publicado postumamente, em 1556, Agrícola resumiu e difundiu o conhecimento prático adquirido pelos mineiros da Saxônia, onde expôs problemas de extração e tratamento dos minérios. No *De Natura fossilium* (1546), considerada a primeira obra de referência em Mineralogia, foi proposta uma classificação dos minerais por suas propriedades físicas, foram descritos novos minérios, inclusive minerais metalúrgicos, suas ocorrências e suas relações mútuas.

Seu primeiro trabalho de mineralogista foi o *Bermannus*, *sive de re metallica dialogus* (1530). Outros escritos foram *De ortu et causis subterraneorum*, *De naturaeorum quae effluent et terra* e *De veteribus et novis metallis*, todos de 1546. Sua obra, fundamentada em observação sistemática, experimentação e verificação, sem apelar para a imaginação e a

482 RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

fantasia, significou uma extraordinária contribuição para o estudo e a compreensão, em bases sólidas, da Mineralogia e da Metalurgia.

Bernard Palissy (1510?-1589) foi um autodidata. Trabalhou, inicialmente, na manufatura de vidro colorido, tendo desenvolvido um processo de esmaltar louça que lhe trouxe fama e riqueza. Convertido ao Protestantismo, foi perseguido e preso, sendo solto após a intervenção de seu protetor, Anne de Montmorency. Estabeleceu-se em Paris, ajudou na decoração do Palácio das Tulherias e pronunciou conferências sobre História Natural. Com a nova perseguição religiosa contra os huguenotes, Palissy voltou a ser preso na Bastilha, em 1586-1587; condenado à forca e à fogueira, sua pena seria comutada para prisão, mas morreria por maus tratos e fome, na Bastilha, em 1589, com cerca de 80 anos. Demonstrou interesse pela Geologia e Mineralogia, avançando a ideia de que a água dos rios provinha da chuva. Sobre o particular, escreveu sua principal obra científica, intitulada *Discours admirables de la nature des eaux et fontaines, de laterre...*(1580), repositório de suas observações em Geologia, Paleontologia, Hidrologia e Fisiologia vegetal. Estudou os fósseis, relacionando-os com restos de animais e plantas, sendo que alguns seriam de espécies extintas; com exceção de Leonardo e Palissy, as interpretações aristotélicas e platônicas seriam as dominantes, até o século XVII[483].

Palissy foi, também, pioneiro na Química experimental dos minerais. Concluiu que todos os minerais cujos cristais tivessem forma geométrica, deviam ter sido cristalizados na água; demonstrou que o ouro bebível, remédio muito popular na época, não trazia benefícios; e que o mitridato (composto de 300 ingredientes) era um medicamento inútil e maléfico. Denunciou a Alquimia, declarando ser impossível a transmutação[484].

Além do desenvolvimento da Geologia, da Paleontologia e da Mineralogia, no Renascimento científico, um melhor conhecimento da Terra viria a ser possibilitado com os avanços verificados na Geografia e na Cartografia, muito em função dos descobrimentos marítimos (séculos XV e XVI), que alargaram o horizonte geográfico renascentista.

O entendimento da Época medieval de Geografia Física era de que as terras emersas estariam no Hemisfério Norte em vista da atração exercida pelas estrelas, mais numerosas ali que no Hemisfério Sul, domínio das águas

[483] ROSSI, Paolo. *O Nascimento da Ciência Moderna na Europa.*
[484] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

oceânicas. A influência cósmica no relevo se explicava pela distância desigual dos astros em relação à Terra, ocasionando montanhas e vales.

Os séculos XV e XVI viveriam o conflito entre as ideias geradas pela revalorização da cultura helênica de conhecimento e descrição da Terra com a nova imagem do Mundo trazida pelos navegantes. A redefinição do horizonte terrestre traria o desenvolvimento da Cartografia, que se encontrava estagnada desde o Período do Império Romano. Os gregos, que admitiram a esfericidade da Terra, construíram as primeiras projeções, criaram o sistema de coordenadas geográficas, latitude e longitude, introduziram a matematização na produção cartográfica e calcularam a dimensão do Globo. Roma adotaria a simplicidade da esquematização, interessada em atender suas necessidades militares e administrativas. Nenhum avanço significativo ocorreria até o século XIII, quando foram elaborados os primeiros portulanos ou cartas de compasso, executados por navegadores italianos, e, depois, por gregos, catalães, franceses, portugueses e ingleses; neles estavam representados os litorais do Mediterrâneo e trechos da costa atlântica da Europa e do Noroeste da África. Tais cartas não obedeciam a nenhuma projeção cartográfica, mas a uma rede de linhas, constituída por 16 raios partidos de uma rosa-do-vento. Embora conhecido e respeitado na Europa latina pelo *Almagesto*, a outra grande obra de Ptolomeu, *Geografia*, só viria a ser, acidentalmente, descoberta, traduzida para o latim e editada, no século XV, quando se tornaria disponível para o grande público.

Verdadeira revolução ocorreria na Geografia e na Cartografia no século XVI, devido aos descobrimentos do Novo Mundo, à abertura da rota marítima para as Índias e à circunavegação da Terra. Um novo horizonte geográfico se abria, com terras habitadas ao Sul do Equador, pelo que muitas concepções tiveram de ser repensadas. Logo no início do século XVI, Duarte Pacheco Pereira publicou o *Esmeraldo de Situ Orbis* (1505), completa descrição do Mundo então conhecido, ao mesmo tempo em que apareciam as primeiras Cartografias da América, através de Juan de la Cosa (1500), Cantino e Canerio (1502) e Diogo Ribeiro (1529). Em 1507, Martin Waldseemüller publicou o opúsculo *Cosmographiae Introductio*, que se tornou célebre por haver sido o primeiro a consagrar o nome de América para o Novo Mundo. Nessa época, celebrizaram-se, ainda, outros autores alemães, como Petrus Apianus, autor de *Cosmographicus Líber* (1524), Johannes Schöner, que escreveu *Opusculum Geographicarum* (1533), Sebastian Franck, autor de *Livro do Mundo* e *Imagem de toda a Terra* (1534), e Sebastian Munster

(1489-1552), o Estrabão moderno, autor de *Cosmographia*, traduzida para vários países (quarenta edições na Alemanha) e considerada a primeira Geografia descritiva dos tempos modernos.

Na Cartografia do Renascimento científico dois nomes foram da maior importância: o belga Abraão Ortelius (1527-1598), autor de *Theatrum Orbis Terrarum* (*Aspectos das Terras do Globo*), de 1570, em que reuniu tudo quanto haviam escrito os seus contemporâneos sobre a Terra, representando um conjunto de cartas geográficas (projeção em forma de coração), consideradas o primeiro Atlas publicado; e Gerardus Mercator (1512-1594), também de Flandres, criador da projeção cilíndrica, autor de vários mapas (inclusive um *mapa-múndi*, em 1569, da França, Alemanha e Países Baixos em 1585; da Itália, Bálcãs e Grécia, em 1589); e da obra póstuma *Atlas sive Cosmographiae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura* (*Atlas ou Meditações Cosmográficas sobre a Formação do Mundo e Seu Aspecto depois de Formado*), de 1595, cuja palavra inicial, daí por diante, serviu para designar os conjuntos de mapas. Mercator publicou, em 1578, com correções e comentários, 27 mapas preparados por Ptolomeu.

5.2.2.5.2 Biologia

O termo foi cunhado no século XIX para designar a Ciência que estuda os seres vivos, herdando, assim, boa parte do que, até então, se chamava de História Natural. Desta forma, a Botânica e a Zoologia são suas duas partes constituintes, ainda que haja diferenças importantes entre os animais e as plantas, como a forma e a estrutura, o metabolismo e o sistema nervoso. O desenvolvimento das pesquisas levaria ao aparecimento de novos ramos, como a Genética, a evolução e a Ecologia, o que iria aumentar, extraordinariamente, o campo de atividade da Botânica e da Zoologia.

Sua evolução, ao longo da História, é relatada através dos estudos, pesquisas e descobertas na Botânica e na Zoologia. Até a aplicação dos métodos científicos, o que viria a ocorrer a partir do século XVIII, a Biologia era campo de atividade, praticamente exclusiva, dos médicos e boticários, interessados no conhecimento de ervas medicinais (Botânica) e do corpo e órgãos dos animais (Zoologia), com vistas ao tratamento médico[485]. O biólogo, dedicado à pesquisa sem atividade médica, só surgiria no século XIX.

---

[485] MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*

5.2.2.5.2.1 Botânica

Nenhum progresso significativo em pesquisa botânica ocorreria na Europa durante a primeira fase do Renascimento científico, que se limitou a seguir os ensinamentos da Antiguidade Clássica.

A retomada do interesse pela Botânica seria a partir da invenção da tipografia com tipos móveis (século XV), das descobertas de novas terras (América) e da expansão comercial com regiões distantes (Ásia). Conforme menciona de Virville, surgiriam, rapidamente, no século XV, um grande número de obras, ainda pouco originais, como *Herbarium Apulei* (Roma, 1481), *Herbarius zu Deutsch* (1485), *Ortus Sanitatis* (1491), *Arbolayre* (1495), *Grand Herbier en françois* (1526). Ao mesmo tempo, *Historia plantarum* e *De causis plantarum*, de Teofrasto, traduzidas em 1483, para o latim, seriam publicadas em 1497 e republicadas em 1541, juntamente com obras de Aristóteles. A obra de Dioscórides seria editada, em latim, em 1478, e em grego, em 1499, posteriormente traduzida para o italiano e o francês. A *História Natural*, de Plínio, impressa em 1469, teve cerca de cinquenta edições em latim, no século XVI, tendo sido traduzida para o francês em 1562, e para o inglês, em 1601.

O grande desenvolvimento da Botânica foi retomado no século XVI, devido, em boa parte, a três alemães, chamados por muitos como os pais alemães da Botânica: Otto Brunfels, Jerônimo Bock e Leonhard Fuchs. Marco dessa evolução foi a publicação, em 1530, do primeiro volume do célebre *Herbarum vivae eicones* (*Ilustrações Vivas de Plantas*), do pastor luterano alemão Otto Brunfels (1489-1534), com excelente e abundante ilustração (238 esboços de plantas) de Hans Weiditz. O segundo volume foi publicado em 1531, e um terceiro em 1536, todos em latim. A alta qualidade das ilustrações, mais que o texto, fez a fama da obra. Jerônimo Bock (1498-1554), conhecido, também, por Hieronymus Tragus, escreveu *Neu Kreuterbuch* (*Novo Livro das Plantas*), de 1539, com descrições cuidadosas das plantas; e, a edição de 1546, com ilustrações de 700 plantas, classificadas com base em semelhança estrutural. O médico luterano Leonhard Fuchs (1501-1566), autor do conhecido *De Historia Stirpium* (*História Natural das Plantas*) de 1542, teve um papel importante no desenvolvimento da Botânica, pela descrição acurada das plantas, pelo excelente trabalho de ilustração, pela novidade do glossário. As plantas (ervas) eram apresentadas em ordem alfabética, com informações sobre forma, seu *habitat*, suas

propriedades, melhor época para colheita ou corte. O livro é um verdadeiro compêndio de ervas medicinais, com evidente influência de Dioscórides. Em sua homenagem, um arbusto ornamental recebeu seu nome (*Fuchsia*).

Ainda na Alemanha, menção especial ao jovem Valerius Cordus (1515-1544), que descobriu os nódulos bacterianos das raízes e escreveu uma *História Natural das Plantas*, publicada postumamente (1561) por Conrad Gesner, na qual analisava as plantas sob o ponto de vista botânico e médico. Sua morte prematura não lhe permitiu prosseguir numa carreira de grande futuro.

Vários outros autores de valor se revelaram no curso do século XVI. William Turner (1508?-1568), conhecido como pai da Botânica inglesa, foi autor do *Libellus de re herbaria novus* (1538), primeiro ensaio científico sobre Botânica na Inglaterra, mas sua obra mais conhecida é a *A New Herball*, em três partes (1551, 1562, 1568), escrita em inglês para maior divulgação entre os médicos e público interessado em plantas. John Gerard (1545-1612) publicou, em 1597, seu *Herball*, com mais de 1.000 espécies, e 800 capítulos com informações sobre as espécies, descrição de seus *habitats*, tempo de florescimento, etc. Primeiro catálogo de plantas, a obra de Gerard, muito popular, foi influenciada pelo botânico flamengo Dodoens.

O suíço Conrad Gesner (1516-1565), de vasta cultura e com interesse diversificado (Botânica, Zoologia, Linguística, Medicina), viajou pelos Alpes, Itália e França, manteve extensa correspondência com eruditos em vários outros países, como a Inglaterra e a Polônia, e escreveu sobre variados temas. Em Botânica, no entanto, escreveu apenas *Catalagus plantarum* (1542), mas deixou notas, correspondências, desenhos e observações, que indicam sua intenção de criar uma classificação e sua intuição de noções de gênero e espécie.

O médico e cosmógrafo flamengo Rembert Dodoens (1516-1585) contribuiu para o avanço do conhecimento botânico com a obra *Stirpium historiae pemptades sex sive libri XXX* (1583), reputado como dos mais importantes livros sobre o assunto, na segunda metade do século XVI, pela aparição de novas famílias, agrupamento das plantas em 26 grupos e pelas ilustrações apresentadas. Dodoens escreveu, ainda, *De frugum historia* (1552) e o herbário *Cruydeboek* (1554), em que as plantas eram agrupadas segundo suas propriedades e afinidades recíprocas, e não por ordem alfabética.

O médico italiano Andrea Cesalpino (1519-1603) é o autor do famoso *De plantis libri*, em dezesseis livros (1583), obra que iniciou a Botânica

sistemática, pela proposta de um sistema de análise de todas as partes da planta, e em particular, da flor, do fruto e da semente. Com base nessas análises, era estabelecida uma classificação. Para Cesalpino, as funções da nutrição, do crescimento e da reprodução formavam o princípio da vida das plantas, que, sem a faculdade de sentir e de se locomover, como os animais, possuíam um organismo mais simples. Em 1588, Cesalpino publicaria *Quaestiones Peripateticae*, em seis livros, segundo a doutrina aristotélica, numa tentativa de criar uma teoria geral das ciências[486]. A obra de Cesalpino exerceria grande influência em futuros naturalistas.

Ainda na Itália, cabe mencionar o naturalista Ulisse Aldrovandi (1522-1605), observador sistemático dos animais, vegetais e minerais. Fundou um jardim botânico em Bolonha e exerceu o cargo de inspetor de drogas e farmácias, com o apoio do Papa Gregório XIII, e, nessa condição, escreveu uma Farmacopeia intitulada *Antidotarii Bononiensis Epitome* (1574), descrevendo os ingredientes e as propriedades das drogas. Prospero Alpino (1553-1616) realizou, em 1592, com as tamareiras, as primeiras experiências de fecundação artificial. Deve ser registrada, igualmente, a identificação, por Giovanni Pontano (1426-1503), de palmeiras (tamareira) de sexos diferentes.

Na França, despontaram Jean Ruel (1478-1537), autor de *De natura stirpium*, em três livros, de 1536; o erudito francês (italiano de nascimento) Júlio César Scalliger (1484-1558), autor da obra *De plantis* (1556), atribuída, por muito tempo, a Aristóteles; Charles de l'Écluse ou Clusius (1526-1609), que estudou e lecionou em Montpellier, centro importante de pesquisa botânica. *Rariorum plantarum historia*, de 1601, sua obra mais conhecida, descreve 1.585 vegetais, com bastante realismo e precisão. Cultivou batatas e tulipas, que viriam a ser a origem da indústria de bulbo de tulipas, e fundou um jardim botânico em Leiden, onde viveu e lecionou por 16 anos, até sua morte. Clusius escreveu, ainda, a primeira monografia sobre fungos; Jean Desmoulins (1530-1622), que publicou, em 1587, uma *Historia generalis plantarum*, com 2731 gravuras; Matthias de L'Obel (1538-1616), autor de *Stirpium adversaria nova* (1570), foi defensor da observação como método a ser aplicado em Botânica e Medicina. Seu critério de classificação das plantas era, principalmente, pelas folhas; Richer de Belleval (1564-1632), que pesquisou plantas nos Pireneus e nos Alpes, tendo preparado a gravação em cobre de mais de 500 pranchas.

[486] HALL, Marie Boas. *The Scientific Renaissance 1450-1630.*

Na Suíça, Jean Bauhin (1541-1612) escreveu duas obras, publicadas postumamente: *Historia plantarum prodomus* (1619) e *Historia Universalis plantarum* (1650/61), com a descrição de 5.226 plantas; e seu irmão, Gaspard Bauhin (1560-1624), autor de *Phytopinax* (1596), onde apresentou 2.700 espécies, com um total de 6.000 plantas, designadas por um substantivo latino (futuro gênero), seguido de 2 ou 3 adjetivos designando a espécie, esboço de nomenclatura binária que viria a ser adotada por Lineu. *Produmos Theatri Botanici* (1620) e *Pinax Theatri Botanici* (1623) são duas outras obras importantes de autoria de Gaspard Bauhin em classificação e nomenclatura dos vegetais.

O tratamento médico se baseava, desde os primeiros tempos, em ervas e plantas, com o apoio adicional de banhos, exercícios, unguentos, etc. Como a enfermidade era um castigo divino, rezas, sacrifícios, danças e outros artifícios eram utilizados de forma a aplacar a fúria das entidades sobrenaturais. Em consequência, a grande maioria dos botânicos, desde a Antiguidade, era formada por médicos e boticários, o que explica o interesse pelas obras antigas dos naturalistas, que já assinalavam as propriedades medicinais dos vegetais. Nesse sentido, várias compilações medievais foram editadas, como *Liber pandectarum medicinae* (1474), de Matthaeus Sylvaticus (?- 1342); *Liber de simplici medicina* (1497), de Matthaeus Platearius (?-1161); *Liber agregatus in medicinis simplicibus* (1473), de Serapium (II século a .C). Obras mais recentes seriam, igualmente, publicadas, como o *Examen simplicium medicamentorum* (1536), do italiano Antonio Brasavola (1500-1555) e o *Simplici* (1561,) de Luigi Anguillara (1512-1570). Menção especial deve ser dada a *Hortus medicus* (1588), de Joachim Camerarius (1534-1598), e a *Phitobasanos* (1592), de Fabio Collona (1567-1650?), obras de qualidade superior à das publicações da época. A essa Farmacopeia vegetal, deve-se ter presente que os ensinamentos de Galeno, Dioscórides e Avicena dominavam a prática médica na Europa ocidental durante o Renascimento científico.

Essa literatura encorajaria o cultivo de plantas medicinais nas abadias e nos centros universitários, com vistas a estudá-las. Daí surgiriam os primeiros jardins botânicos, como o de Pisa (1543), criado por Luca Ghini, o de Pádua, o de Florença (1550), o de Bolonha e o de Paris (1576), o de Leiden (1577), o de Leipzig (1580) e o de Montpellier (1598).

Viajantes, de diversas nacionalidades, mas com interesse em História Natural, se embrenharam pelas regiões desconhecidas de terras distantes,

recém-descobertas, e contribuíram para a expansão do conhecimento da flora da Ásia, da África e das Américas: Pierre Belon esteve na Grécia, na Turquia, na Ásia Menor, nas ilhas do Mediterrâneo, no Egito e na Palestina; publicou, em 1553, um relato do que observara nessas regiões, como diversas plantas e frutas; André Thevet (1503-1592) escreveu sobre sua viagem (1554) à Palestina e à Ásia Menor, e, posteriormente (1558), sobre sua viagem ao Brasil, no *Les singularités de la France antarctique*, com muitas informações sobre a flora e a fauna; o alemão Leonard Rauwolff (1540-1596) esteve no Levante e em países do Oriente, com a missão de descobrir drogas. Seu relato de viagem (1583) continha informações que viriam a ser usadas por botânicos e médicos; o francês Jean de Léry (1534-1611) esteve no Brasil com Villegaignon, tendo publicado (1598) informações sobre árvores, ervas, raízes e frutas saborosas encontradas no litoral brasileiro; o espanhol Nicolás Monardes (1493-1588) escreveu um livro de alta qualidade sobre as plantas das Índias ocidentais, inclusive o tabaco; Gonzalo de Oviedo y Valdés publicou, de 1525 a 1535, uma *Historia general y natural de las Indias*, com ampla descrição de plantas mexicanas; o português Garcia de Orta (1490-1570) publicou, em Goa, seu *Colóquios dos simples, e drogas* ..., de 1563; o jesuíta português Cristóvão Acosta (1515-1600), autor de *Drogas* (1578)[487]. Nas diferentes obras sobre as plantas das Américas, serão encontradas as primeiras descrições de frutos e espécies botânicas da região, como a batata, o milho, o abacaxi, o tabaco, a borracha e o cacau.

5.2.2.5.1.1 Zoologia

A partir do século XVI, haveria uma retomada de interesse e curiosidade pela Zoologia, motivada pelo descobrimento do Novo Mundo e de outras regiões distantes da Europa, aumentando e diversificando o conhecimento da fauna terrestre. A existência de novos animais, nunca imaginados, determinaria uma nova atitude, que se contrapunha à tradicional indiferença por um conhecimento racional, baseado em pesquisa e experimentação.

Poucos nomes despontaram nesse campo da Zoologia durante o Renascimento científico, mas seus trabalhos pioneiros, ainda que basicamente descritivos, tiveram grande significado nesse início de um processo renovador da História Natural.

---

[487] TATON, René. *La Science Moderne.*

O naturalista francês Pierre Belon (1517-1564), que estudou Botânica com Valerius Cordus, recebeu instrução como farmacêutico e recebeu licença para praticar Medicina. Morreu assassinado, em Paris, sendo desconhecida a causa do crime. Viajou pelo Oriente Próximo, tendo feito anotações sobre a flora e a fauna da região. Escreveu três livros sobre Zoologia, sendo o primeiro a *História Natural de Estranhos Peixes Marinhos* (1551), em que classificou os peixes e cetáceos (golfinhos, toninhas e baleias) que havia dissecado; apesar de reconhecer que as duas glândulas produtoras de leite das fêmeas dos cetáceos eram mamárias, e que, portanto, se tratavam de mamíferos que respiravam o ar da atmosfera, mas que viviam na água, Belon classificou-os como peixes. O segundo livro foi *Sobre a Vida Aquática* (1553), e o terceiro, a *História e Natureza dos Pássaros* (1555), em que descreveu a anatomia das aves, realizando contribuição pioneira importante ao comparar os esqueletos dos vertebrados, desde o Homem (mamífero) até esses animais. Belon era dotado de espírito científico, apoiando-se em observação, comparação e verificação e utilizando-se da Anatomia e da Embriologia em seus estudos e pesquisas.

Guillaume Rondelet (1507-1566), formado em Medicina, viajou extensamente, regressando, em 1551, para ser professor de Anatomia e Medicina em Montpellier. Ficou conhecido por seu trabalho em Biologia marinha, tendo escrito o *Livro dos Peixes Marinhos* (1554-1555), em latim, e, posteriormente (1558), publicado em francês com o título *Histoire Complète des Poissons*. Verdadeira enciclopédia com a descrição de mais de 300 seres aquáticos, a maioria deles ilustrados na obra, trata de peixes de água doce e salgada, com a descrição dos sistemas digestivo, respiratório e reprodutivo, das várias partes dos animais aquáticos, e procurou estabelecer uma relação entre a função e o ambiente. Rondelet aperfeiçoou algumas observações de Aristóteles sobre a vida aquática, tendo sido o primeiro a descrever a bexiga natatória dos peixes de água doce; descobriu que o golfinho possuía ouvido, e forneceu descrição detalhada do ouriço-do-mar.

Outro importante naturalista do período foi o suíço Conrad Gesner (1516-1565), que teve dois grandes interesses: línguas antigas (hebraico, professor de grego) e Biologia. Foi o primeiro a desenhar fósseis, mas os julgava formações rochosas, e não vestígios de vida desaparecida. Além da Botânica, Gesner escreveu a *História dos Animais,* em cinco volumes, publicados de 1551 até 1587, obra enciclopédica (mais de 4.500 páginas), que perduraria,

por muitos anos, como livro de referência. Sua proposta de classificação dos animais, por ordem alfabética, não vingou[488].

O italiano Ulisse Aldrovandi (1522-1605) estudou Matemática e latim, praticou a Medicina e se interessou pela História Natural a partir de seu encontro, em Roma, com Rondelet. Escreveu um tratado, em três volumes, sobre pássaros, em 1600, e um sobre insetos, em 1603, além de pequenas monografias sobre quadrúpedes, árvores e minerais.

O inglês Thomas Moufet notabilizou-se por seu trabalho sobre insetos, denominado *Teatro de Insetos*, parcialmente ilustrado, que foi, por muitos anos, o melhor livro sobre o tema.

Michael Herr (1492-1550), autor de livro sobre os quadrúpedes, Hipólito Salviani (1514-1572) sobre os animais aquáticos (1554) e Volcher Coiter (1534-1590) são outros naturalistas do Renascimento científico mencionados por diversos autores por suas contribuições relevantes para o estudo dos animais.

A Zoologia se beneficiara bastante, como a Botânica, da invenção da imprensa com tipos móveis e do desenvolvimento da técnica de gravação. As ilustrações em pranchas, soltas ou não, ajudavam o texto, como: *Portraits d'oyseaux, animaux, serpens* (1557) de Belon, *Avium vivae icones*, de Adriaan Colaert, *Icones animalium quadrupedum... et avium omnium* (1560) de Conrad Gesner, *Icones animalium* (1582) de Lonicer, e *Humani corporistabulae* (1573) de Volcher Coiter[489]. Registrem-se, igualmente, os extraordinários desenhos e esboços de Leonardo da Vinci e Albrecht Dürer (o mais célebre é o de um rinoceronte) de grande número de animais.

A História Natural se beneficiaria bastante dos naturalistas viajantes, que, nas diversas regiões, procuravam, investigavam e descobriam os recursos locais da fauna, da flora e de minerais, como os espanhóis Gonzalo Hernandez de Oviedo (1478-1557), Francisco Lopez de Gomarra (1510-1560), Francisco Hernandez (1517-1578) e José Acosta (1539-1600), os portugueses Cristóvão Acosta (1515-1580) e Garcia da Orta (1490-1570) e os franceses André Thévet (1503-1592) e Jean de Léry (1534-1611), que estiveram no Brasil e escreveram sobre os recursos naturais da terra recém-descoberta.

---

[488] *ASIMOV*, Isaac. *Gênios da Humanidade.*

[489] TATON, René. *La Science Moderne.*

5.2.2.5.2.3 Anatomia Humana

O conhecimento do corpo humano foi equivocado e cheio de graves erros até, pelo menos, o século XVI, quando surgiu o primeiro grande anatomista que iria revolucionar o estudo e a pesquisa da Anatomia humana, André Vesálio.

O grande mestre fora o grego Galeno (120-200), cujos ensinamentos (*Da Utilidade do Corpo Humano*) dominaram por cerca de 1500 anos o estudo e o entendimento do corpo humano. Baseado em trabalhos de antecessores (Hipócrates, Erasístrato, Herófilo), Galeno, por não dispor de cadáveres, efetuava dissecações em animais (porcos, macacos), tirando daí conclusões, muitas vezes impróprias, sobre o corpo humano. Adepto da teoria hipocrática dos quatro humores (o catarro produzido pelo cérebro, o sangue pelo coração, a bílis amarela pelo fígadoe a bílis negra pelo baço), Galeno, que não conhecia a circulação sanguínea, deixou uma série de informações erradas sobre o corpo humano[490], que seriam aceitas e seguidas por séculos sem contestação, uma vez que a proibição da prática da dissecação inibiria o desenvolvimento da Anatomia humana.

Durante toda a Idade Média prevaleceram na Europa ocidental as obras de Galeno como verdadeiro dogma, o que inibiria o interesse pela pesquisa. O desconhecimento da estrutura do corpo humano era tal que se acreditava ter o homem uma costela a menos que a mulher, porque teria ela surgido de uma costela arrancada de Adão.

A situação começaria a evoluir muito lentamente a partir do final do século XI com a criação da Escola de Medicina de Salerno, que atingiria seu apogeu nos séculos XIII e XIV; a Escola de Medicina de Bolonha, de grande importância no desenvolvimento da Anatomia e da Medicina, foi fundada em 1156. Na primeira fase do Renasimento científico, a fundação das Escolas de Montpellier (1220) e de Paris (1270) na França e de Pádua, Pisa, Veneza, Florença, Ferrara, Perugia e Gênova na Itália criaria as condições para a alteração daquele quadro. A proibição da dissecação continuaria, porém autorizações especiais eram concedidas pela Igreja, sob determinadas condições, a alguns estudiosos. *Ecclesia abhorret a sanguine* impedia igualmente a prática da cirurgia, a não ser em casos especiais.

[490] SAKKA, Michel. *Histoire de l'Anatomie Humaine.*

Durante a primeira fase do Renascimento científico, surgiriam alguns nomes, como o de Guilherme de Saliceto (1210-1277), Mondino de Luzzi (1275-1326), autor de *Anathomia Mondino* (1316), Henri de Mondeville (1260-1320), que escreveu *Chirurgia* (1317) e Guy de Chauliac (1300-1370?), autor de *Magna Chirurgia* (1363), que, sem contestarem Galeno, defendiam a necessidade da experimentação e do exame local para o conhecimento direto e objetivo do corpo humano.

A segunda fase do Renascimento científico correspondeu ao período de um primeiro verdadeiro avanço no estudo, na pesquisa e no espírito que iriam presidir o desenvolvimento da Anatomia humana. A Itália, berço do extraordinário desenvolvimento da Álgebra e da Mecânica no século XVI, seria, igualmente, o principal centro dos estudos de Medicina, para onde seguiam todos aqueles interessados em estudar Anatomia. A França e a Alemanha seriam outros centros de referência.

Se a tipografia teve um papel relevante na evolução da Botânica e da Zoologia animal, tal não foi o caso da Anatomia humana, pois as poucas publicações da época (século XV) se limitavam a obras, em latim, de autores gregos e árabes. O ensino nas Escolas de Medicina não evoluíra, nem na forma, nem no fundo. O primeiro nome desse período em Anatomia não é de médico, mas do artista Leonardo da Vinci, que, para produzir suas obras-primas de Pintura, estudou e pesquisou o corpo humano, tendo, inclusive, dissecado trinta cadáveres. Leonardo deixou um total de 750 esboços ou desenhos de partes do corpo humano, com comentários e observações. Sua contribuição pioneira à Anatomia é salientada por todos os autores da História da Ciência. Sem a mesma competência e sem se envolver com a pesquisa, mas igualmente com brilho, outros artistas da época, como Verrocchio, Miguel Ângelo, Dürer e Mantegna, fizeram esboços e ilustrações que ajudaram na divulgação das diferentes partes do corpo humano[491].

O ramo da Biologia humana que primeiro se desenvolveria de acordo com o espírito do Renascimento científico seria o da Anatomia, base necessária para o desenvolvimento das pesquisas futuras em outros ramos, como o da Fisiologia e o da Embriologia, e até para o avanço na Medicina. Assim, se a lista de grandes anatomistas e de suas descobertas foi razoavelmente longa, o mesmo não ocorreu nos outros campos. Jean Fernel, Guido Guidi, Miguel Servet, Matteo Realdo Colombo, Andréa Cesalpino,

---

[491] CROMBIE, Allistair C. *Historia de la Ciencia.*

Volcher Coiter, além do próprio André Vesálio, foram anatomistas com incipiente trabalho na Fisiologia, termo usado por primeira vez por Fernel. Alguns praticaram vivissecções em animais e escreveram sobre ela, como Colombo, no intuito de entender o funcionamento dos órgãos, mas durante todo esse período a Fisiologia estaria vinculada à Anatomia.

O real desenvolvimento da Anatomia ocorreria no século XVI a partir da decisão do Papa Clemente VII (1523-1534) de permitir a dissecação para o ensino prático da Anatomia. Um grande número de anatomistas surgiria na Itália, muitos deles professores nas Escolas de Medicina de várias cidades da Península. Alessandro Benedetti (1460-1525), Antonio della Torre (1473-1506), Gabriele Zerbi (?-1505), Alessandro Achillini (1463-1512), autor de *Annotationes anatomicae in Mundinum*, Giacomo Berengario da Carpi (1470-1550), Matteo Corti della Corte (1475-1542), adepto de Galeno, professor em Pádua, Pisa e Bolonha, onde ensinava *Anatomia de Mondino*, e Nicolo Massa (?-1569), autor de *Anatomiae liber introductorius* sobressaíram no início do século. O mais famoso deles é, sem dúvida, Berengario da Carpi, professor de Cirurgia em Bolonha, que escreveu *Comentários sobre a Anatomia de Mondino*, em 1521, e *Isagogae*, que serviria de manual de Anatomia por várias gerações de estudantes[492]. Antonio Benivieni (1443-1502) escreveu sobre Anatomia patológica e Giovanni da Vigo (1460-1520) a *Pratica in Chirurgia*.

O período áureo e inovador da pesquisa em Anatomia humana durante o Renascimento científico foi iniciado com a obra de Andréas Vesalius, ou André Vesálio, intitulada *De Humani Corporis Fabrica* e publicada em 1543 e prosseguiria na Itália com uma série de ilustres anatomistas e professores, como Guido Guidi (1500?-1569), Giovanni Filippo Ingrassia (1510-1580), Giambattista Canano (1515-1579), Andréa Cesalpino, Matteo Realdo Colombo, Bartolomeo Eustachio, Gabrielle Fallopio, Giulio Cesare Aranzio (1530-1589), Girolamo Fabrício d'Acquapendente, Constantino Varolio (1543-1575). Na França, outro centro importante, se notabilizaram Jacques Dubois (Sylvius), Jean Fernel (1497-1558), Charles Estienne (1504-1564), e Ambroise Paré (1517-1590), na Espanha André Laguna (1495-1560) e Miguel Servet e na Holanda Volcher Coiter (1534-1576).

André Vesálio realizou uma verdadeira revolução na pesquisa em Anatomia humana por sua oposição aos dogmas médicos (tradição galena) e

---

[492] TATON, René. *La Science Moderne.*

pela introdução do método experimental. Como explicou o já mencionado Ernst Mayr, a Revolução científica na Biologia foi a de favorecer uma nova atitude em matéria de pesquisa, foi a rejeição do sistema estéril da Escolástica e a priorização da observação e da experimentação, isto é, pela coletânea de dados e informações. O novo método permitiria explicar a regularidade dos fenômenos materiais pelas leis gerais[493], o que importa dizer dar um caráter científico às pesquisas anatômicas. Representa ele na Anatomia o que Copérnico significa para a Astronomia: o início de um processo renovador. A grande inovação de Vesálio, a que se refere Mayr, foi no campo da dissecação, a qual, quando ocorria, era praticada pelos cirurgiões ou práticos, enquanto o professor lia, para informação dos alunos, textos pertinentes sobre o que estava acontecendo; o ensino do corpo humano era, portanto, teórico, baseado em publicações antigas, principalmnte de Galeno e Mondino. Vesálio, em suas aulas em Pádua, Bolonha e outros centros, praticaria, pessoalmente, as dissecações, explicando e mostrando o significado do que estava sendo revelado no processo. Com Vesálio, ao retomar a prática grega da dissecação, a Anatomia tomaria, assim, uma direção nova e totalmente diferente daquela seguida havia séculos. Com Vesálio nasceria a Anatomia moderna.

A busca do conhecimento exato da estrutura do corpo humano, base essencial para qualquer avanço em outros ramos da Biologia humana, se iniciaria com Vesálio, nascido em Bruxelas em 1514. De uma família de médicos e eruditos em História Natural, estudou, na juventude, em Louvain (educação clássica, filosófica, literária e linguística) e depois em Paris, desde 1533, onde estudou Medicina, cujo ensino era em latim. Insatisfeito com o ensino totalmente teórico na Escola de Paris teria, após praticar dissecações em animais, substituído o cirurgião-barbeiro (responsável pelo trabalho formal enquanto o professor lia o manual de procedimento) em uma dissecação pública. Ainda jovem estudante, descobriu Vesálio que a mandíbula de um adulto é formada por apenas um osso, o que lhe mostrava a importância da observação e da experimentação no campo da Anatomia.

Jacques Dubois (Sylvius) foi um de seus professores em Paris e seria citado no prefácio da 1ª edição do *Fabrica*, bem como Jean Gonthier d'Andernach, que pediu a colaboração de Vesálio na sua tradução do tratado de Anatomia e dissecação de Galeno. Vesálio seria muito crítico de Gonthier, escrevendo ter visto "seu mestre com a faca apenas para comer". Foram

---

[493] MAYR, Ernst. *Histoire de la Biologie.*

contemporâneos de Vesálio na Escola de Medicina de Paris, Miguel Servet, Rondelet, Charles Estienne, Dryander e Walther Ryff, estes dois últimos da Escola de Galeno. Em 1536 Vesálio retornou a Louvain, tendo escrito (1537) uma *Paráfrase* da obra do famoso médico persa al-Razi.

Daí viajou para Pádua, onde, no fim do mesmo ano, recebeu o diploma de doutor, e permaneceria na Escola, como professor de Anatomia e de Cirurgia, até 1543. Em suas aulas apresentou uma inovação: todas as dissecações eram por ele conduzidas, usando enormes diagramas anatômicos para ajudar os estudantes. Estudou na ocasião o sistema nervoso, tendo publicado, em 1538, a *Tabulae Anatomicae Sex*, conjunto de seis pranchas, a primeira com o fígado, o baço e os órgãos genitais, a segunda com as veias, a terceira com as artérias, e mais alguns de seus desenhos do esqueleto, que seriam redesenhados por Johan Stephan Calcar, em três outras pranchas. Pouco depois, Vesálio corrigiria alguns erros galênicos de seus desenhos, como o *rete mirabile*. Em 1538 esteve em Bolonha a convite do professor Matteo Corti (da Escola de Galeno), quando o tema da flebotomia (sangria) foi discutido; no ano seguinte Vesálio publicaria sua *Carta sobre a flebotomia*. Em 1540 retornou a Bolonha a convite, novamente, de Corti, tendo efetuado três dissecações de cadáveres humanos e de alguns animais para os estudantes bolonheses, quando demonstrou que as descrições anatômicas de Galeno correspondiam ao corpo de um macaco, e não ao de um Homem.

Por essa época, já estava convencido Vesálio da necessidade de romper com a tradição anatômica de Galeno, visto não corresponder ela à realidade do corpo humano. Com esse objetivo, preparou, nesse período de Pádua, sua obra-prima *De Humani Corporis Fabrica* (*A Organização do Corpo Humano*) e o seu *Epítome*, publicados na Basileia em junho de 1543, verdadeiro marco no conhecimento do corpo humano e exemplo de obra científica. O *Fabrica*, cuja impressão foi supervisionada pelo próprio autor, foi uma obra-prima de ilustração do Renascimento, com 17 desenhos de página inteira, além de grande número de figuras entremeadas no texto, que abrange 600 páginas, divididas em sete seções ou livros.

Em seu trabalho, Vesálio seguiria a ordem de exposição de Galeno, e não a de Mondino; assim, começaria pelos ossos, depois os músculos dos braços, mãos e pernas e em seguida os nervos, veias e artérias dessas extremidades e logo após os músculos da cabeça; somente depois examinaria os órgãos internos do corpo, de acordo com as funções – alimentar, respiratória (inclusive o coração) e o cérebro. O primeiro livro se refere a ossos e

articulações e inclui ilustrações de crânios das cinco diferentes raças humanas; o segundo trata de músculos e é a seção mais famosa pelas ilustrações; o terceiro menciona o coração e os vasos sanguíneos, onde declarava que o "sangue passa do ventrículo direito para o esquerdo através de poros invisíveis". Na segunda edição do *Fabrica* (1555) Vesálio ensinaria que nada poderia passar entre os ventrículos. O quarto livro versa sobre o sistema nervoso, no qual ele afirmava que os nervos não são ocos, como afirmara Galeno; o quinto livro se refere aos órgãos abdominais (mas não identificou o pâncreas, o ovário e as glândulas suprarenais); o sexto livro trata do tórax, com uma descrição do coração; e o sétimo e último livro descreve o cérebro, mostra partes jamais descritas e demonstra que os seres humanos não tinham *rete mirabile* de finas artérias na base do cérebro, como afirmara Galeno; tal rede é existente apenas em animais ungulados. A segunda edição da obra seria em 1555 com uma ampliação de 165 páginas, trazendo o total para 760 páginas; alguns acréscimos e correções seriam introduzidos.

Deve-se registrar, contudo, que nem o próprio Vesálio conseguiu libertar-se totalmente da anatomia zoológica, tanto que algumas de suas descrições não correspondem ao corpo humano, como as da veia cava, da aorta e do olho. Apesar de alguns pontos inexatos, a obra de Vesálio corrigiu mais de 200 equívocos da obra de Galeno, o que significou o começo de uma nova era na Anatomia humana, inclusive pelas inovações na técnica da dissecação e na terminologia anatômica (bacia, válvula mitral, martelo e bigorna).

A nova Anatomia humana, a de Vesálio que substituíra a de Galeno, passaria a ser aceita a partir do início do século XVII tanto pelos acadêmicos, quanto pelos médicos praticantes, outra contribuição valiosa e fundamental do Renascimento científico ao desenvolvimento do espírito científico e da Ciência. Como expressou Friedman em sua referida obra: "A Fabrica.... deu à Medicina o presente precioso do método científico com que abordar um número infinito de futuros problemas médicos. Muitas das ferramentas que a Ciência Médica viria a empregar mais tarde foram desenvolvidas pela primeira vez nesse livro revolucionário; a completa ausência do numinoso em qualquer investigação, a prosa direta e não emocional, a ilustração exata, a impiedosa selvageria da vivissecção, a necessidade de estabelecer a primazia da descoberta e a formulação de generalizações pelo alinhamento das observações individuais"[494].

---

[494] FRIEDMAN, Meyer & FRIEDLAND, Gerald. *As Dez Maiores Descobertas da Medicina.*

O *Epítome*, condensação do *Fabrica*, foi publicado conjuntamente com a obra principal e foi projetado para uso dos estudantes nas aulas práticas de dissecação, com várias ilustrações.

A obra de Vesálio levantaria objeções e críticas, inveja e ciúmes nos meios acadêmicos, inclusive da parte de seu aluno e substituto Matteo Realdo Colombo, de seu ex-professor Jacques Dubois (Sylvius), de Gabrielle Falloppio. O clima político era tenso, com a Reforma protestante e a Inquisição (Congregação criada por Paulo III em 1542) estabelecendo uma situação de perseguição, intriga e falta de liberdade, que seria uma das razões de Vesálio publicar sua obra na Suíça. Em dezembro de 1543 realizou Vesálio sua última dissecação em Pádua, dirigindo-se em seguida para Bolonha e depois Pisa, onde realizaria novas dissecações. Ainda em 1544, Vesálio casou-se com Anna van Hamme, de quem teria uma filha, e passou ao serviço da corte do Imperador Carlos V, como médico. Em 1546 Vesálio escreveria a *Carta sobre a raiz da China*, erva recomendada para o tratamento da gota, e que fora muito eficaz no caso do Imperador. Vesálio seria designado conde palatino por Carlos V antes de sua renúncia em 1556 e passaria aos serviços do herdeiro Felipe II, da Espanha, também na condição de médico do Rei e de sua família.

Acusado de ter praticado uma autópsia numa pessoa ainda viva, foi condenado à morte pela Inquisição, pena comutada por Felipe II em uma peregrinação à Terra Santa. Na viagem de retorno, o navio naufragou, Vesálio conseguiu chegar à ilha grega de Zante, no mar Jônio, onde faleceu no dia 31 de outubro de 1564, aos 49 anos de idade.

Se André Vesálio foi o mais importante de todos os anatomistas do Renascimento científico, muitos outros, de grande valor, atuaram nesse mesmo campo, contribuindo para seu desenvolvimento, ainda que alguns deles se mantivessem fiéis aos ensinamentos de Galeno.

Bartolommeo Eustachio (1520?-1574), médico e linguista, perito em árabe, hebraico e grego, foi um grande defensor de Galeno, mantendo clara aversão a Vesálio. Em seus dois livros *O Exame dos Ossos* e *O Movimento da Cabeça*, ambos de 1561, Eustachio combateu as ideias contidas no *Fabrica* de Vesálio. Escreveu ainda *Opuscula Anatomica*, de 1563, com estudos comparativos de órgãos humanos e de animais, *A Estrutura do Rim*, *O Órgão da Audição* e outros sobre as veias e os dentes. Pesquisou o sistema nervoso simpático, descreveu a glândula suprarrenal e descobriu o tubo situado entre o ouvido médio e a parte superior da faringe, hoje conhecido

como trompa de Eustáquio. Escreveu mas não publicou *Dissenções e Controvérsias Anatômicas,* com 47 ilustrações em placas de cobre, mas algumas dessas placas seriam utilizadas em outros trabalhos.

Matteo Realdo Colombo (1516-1559) foi professor nas Escolas de Pádua (assistente e depois substituto de Vesálio), de Pisa e de Roma. Deixou apenas uma obra escrita: o *De Re Anatomica* (1559). Espírito crítico e muito experiente em dissecações, Colombo corrigiu e completou algumas passagens da obra de Vesálio, principalmente os músculos dos olhos e órgãos e tecidos da caixa toráxica. Descreveu corretamente a pleura e o peritônio. De grande importância foi sua descrição da ação do coração, explicando corretamente que o sangue chega aos ventrículos durante a diástole e é expelido pela sístole, ou contração. Colombo mencionou a circulação do sangue venoso do ventrículo direito, pela artéria pulmonar, até o pulmão, quando adquire a cor vermelha brilhante, retornando ao ventrículo esquerdo pela veia pulmonar. A Colombo é atribuída, assim, a descoberta da circulação pulmonar, ou seja, a passagem do sangue entre o coração e os pulmões.

Gabriel Fallopio (1523-1562), professor de Anatomia em Ferrara, Pisa e Pádua, é reputado como o maior anatomista italiano do período por suas contribuições sobre os órgãos reprodutores e o ouvido[495]. Sua mais importante obra foi a *Observationes anatomicae* (1561). Descobriu a ligação entre o ovário e o útero (conhecida como tubo de Falópio) e muitos nervos da cabeça e da face, descreveu, entre outros, os canais semicirculares do ouvido interior, a trompa uterina, o tímpano, deu os nomes de vagina, placenta, clitóris e palato e estabeleceu a homologia entre os órgãos genitais do homem e da mulher. Amigo e adepto de Vesálio, foi ferrenho crítico da Anatomia galena.

Girolamo Fabrizio d'Acquapendente (1537-1619), aluno de Falloppio em Pádua, seria seu sucessor na cadeira de Cirurgia e Anatomia (1562-1613), onde foi professor de William Harvey. Escreveu *De Venarum Ostiolis* (*Sobre as válvulas das veias*), em 1603, quando deu a primeira clara descrição das válvulas semilunares das veias e *De Formato Foetu* (1600), onde estudou o desenvolvimento do feto em muitos animais, inclusive na mulher, e apresentou a primeira descrição da placenta, abrindo o caminho para a Embriologia comparada. Fabrício descreveu a laringe como um órgão vocal e foi o primeiro a demonstrar que a pupila dos olhos muda de tamanho.

---

[495] SAKKA, Michel. *Histoire de l'Anatomie Humaine.*

Outros anatomistas italianos, de menor renome, mas de valor no desenvolvimento do conhecimento do corpo humano, foram Giovanni da Vigo (1460-1525), médico do Papa Júlio II, Guido Guidi, da Escola de Pisa, que pesquisou os ossos do crânio; Giovanni Filippo Ingrassia (1510-1580), da Escola de Nápoles, que procedeu a investigações osteológicas; Giambattista Canano (1515-1579), da Escola de Ferrara, autor de *Musculorum humani corporis picturata dissectio* de 1541; Andrea Cesalpino (1519-1603), discípulo de Colombo, estudou a circulação do sangue; Giulio Cesare Aranzio (1530-1589), da Escola de Bolonha, especialista em anatomia fetal; Constantino Varolio (1541-1575), da Escola de Bolonha, que pesquisou o cérebro e descobriu uma protuberância anular no tronco cerebral, chamada ponte de Varolio; Giulio Casserio (1561-1616), discípulo de Acquapendente e seu sucessor na cátedra em Pádua, com estudos sobre os órgãos da voz e o ouvido.

Menção deve ser feita ao cirurgião plástico Gasparo Tagliacozzi (1546-1499), professor de Cirurgia e de Anatomia na Universidade de Bolonha, autor de *De Curtorum Chirurgia por Insitionem* (1497), obra que teve muita repercussão na época; por ser tal tipo de operação proibida pela Igreja por alterar a fisionomia, Tagliacozzi, depois de morto, foi excomungado.

Depois da Itália, o principal centro de estudos anatômicos era a França, com suas célebres Escolas de Montpellier e Paris. Os mais conhecidos anatomistas franceses do século XVI foram Jacques Dubois (Sylvius - 1478-1555), professor de Vesálio que, após a publicação de *Fabrica*, tornou-se seu grande inimigo; por sua hostilidade à reforma vesaliana, a imagem de Sylvius é negativa na evolução da Anatomia; Charles Estienne (1504-1564), autor de *De dissectione partium humani*, em três livros (1545), onde criticou a aceitação dogmática da Anatomia galena e estudou os vasos sanguíneos e o sistema vascular[496], e Jean Gonthier d'Andernach (1505-1574).

O mais importante anatomista francês desse período merece uma menção especial. Trata-se de Ambroise Paré (1517-1590), de origem humilde, que, como aprendiz de barbeiro, interessou-se pela Medicina. Estudou Cirurgia por uma dezena de anos, leu *Chirurgia* de Guy de Chauliac e a tradução francesa da obra de Juan de Vigo e trabalhou por três anos em hospital de Paris. Alistou-se no Exército como cirurgião militar, onde continuou a praticar amputações e cirurgias. Leitor assíduo das grandes autoridades médicas

[496] CROMBIE, A .C. *Historia de la Ciencia.*

traduziu para o francês cerca de quinze obras de Hipócrates, Galeno e outros, de forma a permitir aos barbeiros-cirurgiões, que não sabiam latim, o acesso a essas fontes e conhecimento da estrutura do corpo humano. Em 1545, com base em suas experiências no tratamento de feridos com armas de fogo (estancamento da hemorragia com a ligadura das artérias em vez da usual cauterização e limpeza da ferida com ungüentos lenitivos em vez de óleo fervente), escreveu *La Methode de traiter les plaies faites par les arquebuses et autres bastons à feu*, em 1549 publicou em francês seu primeiro livro de Anatomia e em 1561 seguiu-se o *Anatomie Universelle du Corps Humain*, com as ilustrações de Vesálio, a quem deu todo o crédito. Em *Cinq Livres de Chirurgie* tratou da técnica de amputação e do tratamento de feridas. Por suas inovações, Paré é considerado o pai da cirurgia moderna. Inventou algumas próteses mecânicas e melhorou a técnica obstétrica. Em 1552 tornou-se médico real, servindo a quatro monarcas: Henrique II, Francisco II, Carlos IX e Henrique III.

Na Inglaterra se notabilizaram os cirurgiões John de Ardenne, o pai da cirurgia inglesa, Thomas Vicary (1495-1564), Thomas Gale, John Halle (1529-1568) e William Clowes (1544-1604), autor de *A Profitable and Necessary Book of Observations*, de 1596, e na Alemanha os cirurgiões Johannes Lange (1485-1565), Heinrich von Pfolspeundt (século XV), que escreveu um livro sobre tratamento de ferimentos de guerra e foi pioneiro em operações estéticas, Hieronymus Brunschwygk (1460-1512), com amplo trabalho sobre fraturas, amputações e extração de balas de armas de fogo, Hans von Gersdorff (1477-1529), que recomendava o uso de torniquetes para prevenir hemorragia, Eucharius Rosslin (1470-1526), autor de *Rosegarten*, o primeiro livro sobre obstetrícia, que chegou a ter mais de cem edições, Felix Wirtz (1518-1574) e Wilhelm Fabry (1560-1634), o pai da cirurgia alemã[497].

O holandês Volcher Coiter (1534-1576) estudou em universidades estrangeiras graças a uma bolsa oficial que lhe foi concedida por sua cidade natal Groningen devido à sua grande aptidão para a dissecação e a Medicina galena. Estudou na Itália e na França, foi aluno de Falloppio, Eustacchi, Aranzio e Rondelet e chegou a lecionar em Bolonha e Perugia. Em 1569 tornou-se médico da cidade de Nüremberg, onde permaneceu até sua morte. Coiter foi o primeiro a descrever a meningite cerebroespinhal e investigou o sistema

497 LIMA, Darcy. *História da Medicina.*

nervoso. Grande adepto de Vesálio, dedicou-se Coiter ao estudo detalhado da Anatomia comparada, examinando quase toda a série de vertebrados – anfíbios, pássaros, répteis e mamíferos. Seu trabalho envolveu vivissecções[498].

Erudito com orientação científica e inclinação médica foi o espanhol Miguel Servet (1511?-1553). Residente em Toulouse, estudou Direito, mas desde cedo se envolveu Servet em assuntos de Teologia, em particular o da Santíssima Trindade, tendo escrito, em 1531, *De Trinitatis erroribus*, cujas ideias unitaristas desagradaram a católicos e protestantes. Sua tese foi reformulada no ano seguinte com a obra *Dialogorum de Trinitate*. Viajou pela França e Suíça, mantendo contactos com líderes protestantes sobre temas teológicos, mas não se encontrou com Calvino. Fixou-se então em Lyon, onde trabalhou inicialmente numa editora como revisor e organizador de textos, preparando edições de *Geografia* de Ptolomeu e três da Bíblia. Familiarizou-se então com muitos livros de Medicina, indo para Paris a fim de estudar esta disciplina (1538); diplomado, Servet passou a médico do arcebispo de Viena (França). Em pouco tempo Servet adquiriria fama como médico, ingressaria em famoso círculo restrito de médicos e ganharia reputação como dissecador. Em 1553 Servet escreveu seu famoso *Christianismi Restitutio*, enviando um manuscrito a Calvino, em Genebra, com a solicitação de um encontro. Após uma curta troca de correspondência, consta que o líder protestante teria declarado que se Servet aparecesse em Genebra não sairia de lá vivo. Calvino guardou o manuscrito, mas uma versão foi secretamente impressa com mil cópias. Condenado na França, Servet escapou da prisão, sendo sua efígie queimada em praça pública. Reconhecido em Genebra, foi preso e julgado por heresia, em parte por pressão de Calvino. Servet morreu queimado vivo em 27 de outubro de 1553, em Champel, na Suíça.

A grande importância de Servet na História da Biologia foi sua descoberta da pequena circulação do sangue (circulação pulmonar), descrita em seu livro *Christianismi Restitutio* (*Restauração do Cristianismo*) e motivada pela Teologia “para explicar mais satisfatoriamente a disseminação do espírito divino através do corpo”[499]. A descoberta consistia em que o sangue era lançado pelo coração na artéria pulmonar e voltava ao coração pela veia pulmonar, não passando, assim, pelo músculo cardíaco. Antecipando-se a

[498] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[499] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*

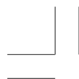
Harvey, Servet declarou também que o "espírito vital é, então, transfundido do ventrículo esquerdo do coração às artérias de todo o corpo"[500]. Seu trabalho, contudo, não foi difundido, não exerceu influência, nem estimulou pesquisa, nem há provas de que tenha realizado experiências, sendo, na época, entendido como um argumento teológico[501].

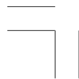
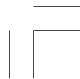
Girolamo Fracastoro (1478-1553), astrônomo, geólogo, poeta e médico, foi pioneiro ao propor uma teoria científica de doença por germe, tendo escrito, em verso, a *Syphillis sive morbus Gallicus* (1530 - *A Sífilis ou a Doença Francesa*), seguida de *De Contagione et Contagiosis morbis* (1546 - *Sobre Contágio e Doenças Contagiosas*). A sífilis surgiu na Europa nos últimos anos do século XV, na Itália, com rápida disseminação pelo Continente. Fracastoro, a quem se deve o termo sífilis, seria o primeiro a estabelecer a natureza do contágio, da infecção e da transmissão de doenças por microorganismos, tendo evitado, em várias oportunidades, na Itália, a expansão epidêmica de doenças infecto-contagiosas. Fracastoro sustentou, ainda, serem os fósseis de origem orgânica.

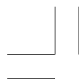
Ainda sobre as doenças infecto-contagiosas, devem ser citadas as contribuições do médico italiano Girolamo Benivieni que publicou, em 1507, a obra *De Abditis*, com observações clínicas de mais de cem casos de sífilis, e o médico francês Jean François Fernel (1497-1558) que, além de *Das Partes Naturais da Medicina*, escreveu o *De Lues Venerae Curatione*, onde introduziu o termo *lues venerae*, adotado até hoje[502], e *Das Causas Escondidas das Coisas*, em que critica os charlatães que praticam a Medicina mágica com supostas curas milagrosas.

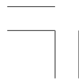
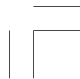
---

[500] RONAN, Colin. *História Ilustrada da Ciência.*
[501] HALL, Marie Boas. *The Scientific Renaissance 1450-1630.*
[502] LIMA, Darcy. *História da Medicina.*





Formato	*15,5 x 22,5 cm*
Mancha gráfica	*12 x 18,3cm*
Papel	*pólen soft 80g (miolo), duo design 250g (capa)*
Fontes	*Times New Roman 17/20,4 (títulos),*
	12/14 (textos)